

631.1(045.8)

С 89



ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МАШИН

М.К. Сукач

631.1(075.8)
С89

М.К. Сукач

ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МАШИН

*Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів*

НТБ ВНТУ



482112

631.1(075.8) С89 2017

Сукач М.К. Технічний сервіс машин

Київ
Видавництво Ліра-К
2017

Б31, 143.4+ Б29.3.083} (075.8)

УДК-631.3

ББК 40

С 89

*Гриф надано Міністерством освіти
і науки України*

(Лист № 1/11-6412 від 08.05.2012 р.)

Рецензенти:

В.Ф. Анісімов, д-р техн. наук, професор
(Вінницький Національний аграрний університет);

О.В. Мальцев, д-р техн. наук, професор
(Одеський державний аграрний університет);

С.І. Пастушенко, д-р техн. наук, професор
(Херсонський державний аграрний університет)

Сукач М.К.

С 89

Технічний сервіс машин: навч. посібник. – Київ: Видавництво Ліра-К,
2017. – 290 с.

В навчальному посібнику викладено теоретичні основи та особливості вітчизняного і закордонного технічного сервісу в агропромисловому комплексі. Розглянуто технічну експлуатацію, методи та засоби діагностування тракторів. Приділено увагу відновленню працездатності сільськогосподарської техніки, зберіганню і консервації машин.

Посібник призначено для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю «Агроінженерія», «Галузеве машинобудування». Буде корисний інженерно-технічним працівникам та всім, хто займається проблемами вдосконалення експлуатації й технічного обслуговування сільськогосподарської техніки.

482112

УДК 631.3

ББК 40

ISBN 978-617-7320-72-1

© Сукач М.К., 2017

© Видавництво Ліра-К, 2017

НТБ ВІТУ
м. Вінниця

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1. Особливості технічного сервісу машин.....	8
1.1. Основні поняття.....	8
1.2. Стан і головні проблеми технічного сервісу.....	11
1.3. Досвід використання сільськогосподарської техніки.....	14
1.4. Організація технічного сервісу за кордоном.....	27
1.5. Ефективність використання техніки.....	32
1.6. Робота підприємств технічного сервісу.....	37
1.7. Система обслуговування в умовах машинно-тракторних станцій.....	42
1.8. Ринок відновленої сільськогосподарської техніки.....	46
Аналіз витрат.....	46
Оптимальні терміни служби машин.....	50
Зношування й залишкова вартість техніки.....	52
Розрахунок вартості відремонтованої машини.....	58
Розділ 2. Теоретичні основи технічного сервісу.....	62
2.1. Терміни і показники теорії надійності.....	62
2.2. Безвідмовність.....	67
2.3. Довговічність.....	85
2.4. Комплексні показники надійності.....	88
2.5. Ремонтпридатність.....	91
Фактори визначення ремонтпридатності.....	93
Показники ремонтпридатності.....	98
2.6. Взаємозамінність.....	103
Методи й засоби забезпечення взаємозамінності.....	104
Контролепридатність машин.....	108
Розділ 3. Технічна експлуатація та працездатність машин.....	117
3.1. Умови технічної експлуатації.....	117
3.2. Рівні технічної експлуатації.....	119
3.3. Забезпечення працездатності тракторів.....	136
Якість технічного обслуговування.....	136
Якість поточного ремонту.....	135
Якість очищення палива й мастил.....	137
Підвищення кваліфікації персоналу.....	140
Якість зберігання тракторів.....	149

Розділ 4. Завдання, методи й засоби діагностування.....	152
4.1. Основні поняття й визначення.....	152
4.2. Об'єкти й методи діагностування.....	158
4.3. Ознаки станів технічних об'єктів.....	170
4.4. Діагностування машин агропромислового комплексу.....	179
4.5. Класифікація технічних засобів діагностування.....	184
Вбудовані засоби діагностування.....	190
Автономні засоби діагностування.....	193
Змішані засоби діагностування.....	197
4.6. Параметри технічного стану тракторів.....	198
4.7. Технологія діагностування тракторів.....	204
4.8. Діагностування двигунів за якістю моторної оливи.....	219
Розділ 5. Відновлення працездатності, зберігання і консервування машин.....	228
5.1. Виробничий і технологічний процеси ремонту.....	228
5.2. Види й методи ремонту машин.....	234
Види та періодичність технічного обслуговування й ремонту.....	234
Методи технічного обслуговування й ремонту.....	238
5.3. Раціональні способи відновлення деталей.....	240
5.4. Показники зберігання і консервування машин.....	243
5.5. Види і способи зберігання машин.....	258
5.6. Матеріали та обладнання для консервування машин.....	264
5.7. Ефективність зберігання машин.....	270
Література.....	278
Додаток.....	281
Нормативні документи з технічного сервісу машин.....	281
Глосарій.....	282
Основні абрєвіатури.....	282
Визначення термінів.....	283

ВСТУП

Агропромисловий комплекс (АПК) України забезпечує її продовольчу незалежність і безпеку, формує значну частину валового внутрішнього продукту та фонду споживання населення, посідає друге місце в товарній структурі експорту. Труднощі вирішення завдань підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва зумовлені насамперед збільшенням конструктивної складності сучасної техніки, граничним зношуванням машинно-тракторного парку, що експлуатується, а також розвалом планової системи технічного обслуговування та ремонту техніки при переході на ринкові стосунки. У результаті підприємства АПК вимушені самостійно вирішувати всі питання інженерно-технічного забезпечення свого виробництва.

На сьогодні склалася складна ситуація з технічним забезпеченням АПК. Сільськогосподарські підприємства лише частково забезпечені технікою, більша частина якої потребує заміни на нову. Кількість зношеної техніки, значно перевищує кількість, що закуповується. Через брак коштів доводиться закуповувати техніку, що вже була в експлуатації. Низький рівень її якості та надійності призводить до збільшення строків виконання механізованих робіт, річного та сезонного навантаження на машинно-тракторний парк і втрат сільськогосподарської продукції. Витрати, пов'язані з ремонтом і технічним обслуговуванням машин і обладнання, зростають. Не відповідає потребі рівень забезпечення сільського господарства висококваліфікованими кадрами механізаторів. Знижується роль інженерно-технічної служби в здійсненні ефективної технічної політики в АПК. Такий стан справ може призвести до зменшення обсягів вирощування та переробки сільськогосподарської продукції, що загрожуватиме продовольчій безпеці держави.

Технічний сервіс АПК передбачає організаційні, технічні й технологічні заходи щодо забезпечення технічними засобами, забезпечення і підтримки працездатного стану техніки протягом усього періоду експлуатації, вивчення попиту, реклами, технічної й торгово-економічної інформації, доставки, передпродажної підготовки, гарантійного та післягарантійного обслуговування нових і відремонтованих технічних засобів, забезпечення запасними частинами, навчання експлуатаційно-ремонтного персоналу. Система технічного сервісу є однією з основ ефективної експлуатації головної ланки АПК – машинно-тракторного парку (МТП).

Щоб підвищити ефективність функціонування системи технічного сервісу АПК необхідно задіяти всі наявні засоби. Одним з найефективніших заходів є підвищення рівня підготовки та перепідготовки спеціалістів, які займаються інженерно-технічним забезпеченням АПК. З цієї метою в навчальному плані спеціальності «Агроінженерія» (галузь знань «Аграрні науки та продовольство») передбачено дисципліну «Технічний сервіс в АПК».

Навчальний посібник складено відповідно до навчальних програм цих дисципліни. Він містить 5 розділів.

Перший з них присвячено основним положенням, стану, головним проблемам та особливостям технічного сервісу в АПК України. Тут проаналізовано різні форми організації технічного сервісу сільськогосподарської техніки за кордоном. Розглянуто питання зношування, залишкової вартості сільськогосподарської техніки, визначення оптимальних термінів служби машин, розрахунок вартості відремонтованих машин.

У другому розділі наведено теоретичні основи технічного сервісу, розглянуто терміни та показники теорії надійності. Цей розділ призначено для більш поглибленого вивчення кількісних показників безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та комплексних показників надійності.

Третій розділ охоплює умови та рівні технічної експлуатації, заходи із забезпечення працездатності тракторів, які зумовлюють ефективність використання машинно-тракторного парку АПК. Детальніше розглянуто фактори, що впливають на забезпечення працездатності тракторів, методику комплексного оцінювання цих факторів.

Четвертий розділ присвячено підвищенню ефективності технічного сервісу АПК за рахунок впровадження засобів діагностування. Розглянуто завдання, методи та засоби діагностування. Детальніше наведено ознаки станів технічних об'єктів та класифікацію технічних засобів діагностування. Розділ призначено для глибшого вивчення параметрів технічного стану тракторів та їх технології діагностування.

П'ятий розділ дає уявлення про відновлення працездатності, зберігання та консервування сільськогосподарської техніки. Тут розглянуто види та методи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки. Наведено структуру виробничого та технологічного процесу ремонту машин, показники та способи зберігання і консервування техніки, основні вибору раціонального варіанта їхньої організації.

Метою навчальної дисципліни є здобуття студентами знань головних організаційних, технічних і технологічних заходів щодо забезпечення і підтримки працездатного стану сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник спрямовано на здобуття студентами навичок з обґрунтування форм організації технічного сервісу сільськогосподарської техніки, визначення основних показників надійності, використання сучасних методів та засобів діагностування, ремонту й технічного обслуговування машин і агрегатів.

Після вивчення дисципліни студенти повинні вміти визначати умови та рівні експлуатації, розраховувати зведені витрати від використання сільськогосподарської техніки, підбирати необхідний комплект обладнання для діагностування, визначати її технічний стан та забезпечувати умови ефективного використання.

Розділ 1

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН

1.1. Основні поняття

Технічний сервіс (ТС) – комплекс організаційних, технологічних і технічних заходів щодо забезпечення й підтримки працездатного стану техніки.

Сервісне, або ремонтно-обслуговувальне, підприємство агропромислового комплексу (АПК) являє собою колектив працюючих (робітників, інженерно-технічного персоналу, службовців та ін.), озброєних засобами виробництва, які виконують роботи з інженерного забезпечення, технічного обслуговування, відновлення ресурсу або працездатності машин та устаткування, що належать виробникам сільськогосподарської продукції незалежно від форми власності.

Будь-яка машина характеризується своєю працездатністю, тобто здатністю виконувати роботу за призначенням. У плині експлуатації ця властивість змінюється. Щоб забезпечити працездатний стан машини, її піддають різним впливам. Сукупність робіт з підтримки й відновлення працездатності й ресурсу машин поділяють на технічне обслуговування (ТО) й ремонт.

Капітальним ремонтом називається комплекс впливів на машину, агрегат, складальну одиницю з метою відновлення їхнього працездатного стану й ресурсу.

Потоковий ремонт – це комплекс робіт з відновлення працездатного стану машини.

Технічне обслуговування – комплекс робіт з підтримки працездатного стану машини.

Організація ТО й ремонту залежно від стану машини може виконуватись у трьох формах:

- у зв'язку з порушенням працездатного стану (тобто за відмовою);
- через напрацювання в часі (за обсягом виконаних робіт);
- за технічним станом.

З переходом сільського господарства України до ринкових відносин на основі його багатокладності значимість технічного сервісу як форми інженерного впливу на підвищення продуктивності праці й збільшення обсягів виробництва істотно зростають. Особливо це важливо в умовах зменшення матеріально-технічної бази сільськогосподарських підприємств, ослаблення або відсутності інженерних служб і різкого скорочення державних дотацій.

У 90-і роки минулого століття державна підтримка сільськогосподарського виробника в Німеччині становила \$ 500 в розрахунку на 1 га, у США – \$ 200, у Росії – \$ 14. Відрахування на потреби сільського господарства, розраховуючи на одного зайнятого в сільському господарстві працівника, становили в Росії \$ 300, у Канаді – \$ 14 тис., у країнах ЄС – \$ 19 тис., у США – \$ 37 тис., у Японії – \$ 30 тис. Метою великомасштабного фінансування сільського господарства в передових країнах є його розвиток, забезпечення продовольчої безпеки країни, підтримка зовнішньоторговельного балансу.

Service в перекладі з англійської означає обслуговування. Однак у понятті «технічний сервіс» (ТС) міститься значно більший обсяг виконуваних завдань, ніж у «технічному обслуговуванні» (ТО), до якого включається комплекс заходів щодо підтримання працездатного стану техніки.

У загальному випадку ТС – це комплекс заходів щодо інженерного забезпечення сільськогосподарського виробництва. Сучасна система ТС у будь-якій країні допускає наявність декількох необхідних умов, а саме – потребу в послугах, наявність матеріально-технічної бази, що включає технологію й техніку, підприємства з устаткуванням, обслуговуючим персоналом, нормативно-технологічну документацію, інформаційне обслуговування й т. ін.

Заходи ТС умовно розділяють за трьома напрямками:

- *організаційні*, що визначають стратегію й тактику сервісних підприємств на перспективу, на основі маркетингових досліджень потреб сільськогосподарського виробництва;
- *технологічні*, що забезпечують застосування сучасних технологічних процесів при виробництві сільськогосподарської продукції, раціональну організацію й послідовність сервісних операцій і технологічних процесів, ресурсозбереження трудових операцій і матеріальних витрат, підвищення якості сервісних робіт;

- *технічні*, що передбачають створення матеріально-технічної бази сільськогосподарського виробництва, тобто забезпечення сервісних підрозділів і ремонтно-обслуговуючих підприємств новою технікою й сучасним технологічним оснащенням.

Важливим для АПК є й соціально-економічна сфера впливу ТС, що забезпечує створення професійних колективів сервісних підприємств зі сприятливими й безпечними умовами праці.

Основні завдання структур з ТС:

- створення умов для збереження і відновлення високого рівня працездатності сільськогосподарської техніки, а також застосування ефективніших методів керування технічним станом машин, для забезпечення оптимальних умов виконання агротехнічних вимог;
- зміцнення матеріально-технічної бази сільського господарства з підвищенням рівня енерготехнічної озброєності, порівнянної з енерготехнічною озброєністю розвинутих країн (у 1991 р. енерготехнічна забезпеченість господарств України на 100 га ріллі становила 260 кВт, а на одного працівника – 27 кВт. Аналогічні показники в США – 404 і 40 кВт, у Франції – 365 і 45 кВт);
- переоснащення АПК новими технологіями й новою високопродуктивною, адаптованою для наших умов технікою, надійною й економічною;
- виконання агротехнічних вимог з підвищенням умов технічної й екологічної безпеки;
- поліпшення й здешевлення торгово-транспортного обслуговування сільгоспвиробників технічними засобами й матеріалами виробничого призначення.

Розглянемо основні функції, які виконують підприємствами ТС.

Виробничі послуги:

- ТО й ремонт сільськогосподарської техніки;
- підготовка техніки для продажу, прокату або оренди;
- виконання механізованих робіт із замовлень виробників сільськогосподарської продукції;
- збирання, регулювання, обкатування машин перед реалізацією;
- передпродажне ТО сільськогосподарської техніки;
- гарантійне й післягарантійне постачання запасними частинами;
- організація обмінних фондів агрегатів і вузлів;
- збирання зношених машин і агрегатів, розбирання, ремонт і повторне використання;

- підбирання на ремонтних підприємствах деталей із залишковим ресурсом для наступного відновлення.

Транспортно-експедиційні послуги з доставки техніки, паливно-мастильних матеріалів (ПММ) і запасних частин.

Організаційно-комерційні послуги з продажу техніки, оформлення її оренди, прокату й лізингу.

Посередницькі послуги з прийому й продажу техніки, яка була в експлуатації, реалізація надлишків запасних частин, матеріалів або ПММ.

Інформаційні й маркетингові послуги з нової техніки й технологій, щодо даних з експлуатації, цін і т.д.

1.2. Стан і головні проблеми технічного сервісу

За останні десять років проблема розвитку ТС в агропромисловому комплексі України загострилася з таких причин.

1. Значне скорочення й старіння машинно-тракторного парку (МТП) господарств різних форм власності, а отже, підвищення потреби у виконанні складних ремонтно-обслуговуючих впливів. У 1991 р. в колишньому СРСР на 1000 га ріллі було 11,9 трактора, а щорічні поставки становили 1,6 трактора на 1000 га, при цьому фактичний термін служби тракторів становив 7,5 року. Комбайнів було 6,2 на 1000 га ріллі, щорічні поставки на цю площу становили 0,9 комбайна, фактичний термін служби 7,2 – року. Аналогічні показники в цей період у США: 24 трактори, щорічні поставки 0,8, фактичний термін служби 31 рік; у Канаді – 14,2, щорічні поставки 0,6, фактичний термін служби 25 років; у Франції – 82 трактори на 1000 га ріллі, щорічні поставки 3,7, термін служби 22,5 року. Комбайни в США – 16,3 на 1000 га ріллі, щорічні поставки 0,6, фактичний термін служби 23,5 року; в Канаді – 8,1, щорічні поставки 0,2, фактичний термін служби 38,3 року; у Франції – 18,7, щорічні поставки 1,0, фактичний термін служби 19,7 року. Тобто на початку 90-х років Україна в складі колишнього СРСР уже значно відставала від провідних світових виробників сільськогосподарської продукції за кількістю сільськогосподарської техніки: від США в 2...2,5 рази, від Канади в 1,5, від Франції – більше ніж у 3 рази.

За минулі 10 – 15 років ситуація значно погіршилася. Кількість тракторів в АПК України зменшилася на 175 тис. шт., або на 40 %, тому навантаження на один просапний трактор збільшилося з 220 до 300 га. Кількість ґрунтообробної й посівної техніки зменшилась на 250 тис. од., або 40 %.

Техніка, що залишилась в експлуатації, відробила в основному по одному, а в деяких випадках – по два амортизаційних строки. Потреба в тракторах на цей час становила 200 тис. шт. (42 %) і 18 тис. од. кормозбиральної техніки (59 %).

У 1991 р. в Україні експлуатувалося 116 тис. комбайнів, що становило 7,2 комбайна на 1000 га, давало змогу в 1986 – 1990 роках стабільно збирати по 49,5 млн. т. зерна й бути третім виробником зерна у світі на душу населення, після США й Канади. У той час у сільськогосподарських виробників України в експлуатації було менше ніж 40 тис. комбайнів. Структура зернозбиральних комбайнів була така: 75 % морально застарілі, зношені «Ниви», 18 % – «Дон», інші комбайни імпортного виробництва. У тому числі 3 тис. СК-5 («Нива») і 5 тис. «Дон-1500», до 1200 з невиробленим амортизаційним строком. Структура імпоротної зернозбиральної техніки: усього – 3 тис., в тому числі «Джон-Дір» – 1200 шт., «Кейс» – 650, «Клаас» – 400, «Сампо» – 400, а також «Дойтц», «Нью-Холанд», «Вестерн», «Массей» «Фергюссон» та ін. Склалася унікальна ситуація – в 1998 р. на полях України збирали врожай комбайни 36 моделей іноземних виробників.

Зменшення кількості комбайнів призвело до того, що річний наробіток на комбайн зріс практично втричі. Якщо в 1991 р. середньостатистичний комбайн збирав із площі 120...130 га, того 1998 р. – з 350...400 га; за деякими даними є зразки комбайнів, наробіток яких перевищував 600 га. За останні 10 років навантаження на комбайни на Заході не змінювалося й становить у США 60...65 га, у Німеччині 30...35 га. Таким чином, в Україні створено полігонні умови для випробування й демонстрації технічних і технологічних можливостей комбайнів імпортного виробництва. Потреба в комбайнах у цей час становить 49 тис. шт., оптимальна поставка комбайнів в Україну повинна становити до 10 тис. шт. щорічно, тобто на суму понад 5 млрд. грн.

У результаті в МТП господарств склалася ситуація, коли парк машин старіє, а навантаження на нього збільшується. Це призводить до ще більш прискореного старіння, інтенсивного зниження готовності, зменшення наробітку, підвищення тимчасових і матеріальних витрат на обслуговування й ремонт. Як наслідок – до невиконання, збільшення строків виконання сільськогосподарських операцій і підвищення збитків від неякісного й не своєчасного виконання робіт і збільшення витрат на виробництво сільськогосподарської продукції.

2. Скорочення обсягів ремонтно-обслуговувальних робіт у спеціалізованих підприємствах АПК, до чого призвела їхня приватизація, зміна профілю роботи ремонтних підприємств, а також зменшення фінансових можливостей виробників сільськогосподарської продукції, а також виробників сільськогосподарської техніки.

До 1991 р. в АПК України існувала трирівнева ремонтно-обслуговувальна база, що складалася з центральних ремонтних майстерних господарств, – це 1-й рівень, на якому виконувалися роботи з ТО, усунення несправностей і нескладні поточні ремонти (ПР). Ремонтні майстерні загального призначення, спеціалізовані ремонтні майстерні, ремонтно-транспортні підприємства (РТП), станції технічного обслуговування (СТО) з районною зоною дії – 2-й рівень; у них виконувалися роботи зі складних видів ТО, складний поточний ремонт, капітальний ремонт (КР) агрегатним методом визначенням видів сільськогосподарської техніки. Крім того, РТП виконували транспортні послуги, поставку запасних частин, матеріалів, ПММ і т.д. Республіканські й обласні ремонтні заводи – 3-й рівень; вони забезпечували виконання капітальних ремонтів певної номенклатури машин і складних агрегатів, а також відновлювали деталі, випускали запасні частини.

В основі технічної експлуатації, а також сформованої в 80 – 90-ті роки ремонтно-обслуговувальної бази сільськогосподарської техніки була планово-попереджувальна система, що регламентувала вид і час проведення впливів на машини залежно від їх напрацювання, крім того встановлювалися витрати часу й праці на проведення цих операцій. Виходячи з цієї системи, а також діючих МТП було розроблено: нормативну базу щодо термінів використання й ремонту техніки; технологічну базу на виконання основних технологічних процесів з обслуговування й ремонту; технічну базу, що включала спеціальне ремонтне й загальномашинобудівне устаткування. У той період ремонтно-обслуговуючі підприємства АПК України 2-го й 3-го рівнів включали понад 500 майстерень загального призначення, 576 спецмайстерень, 158 станцій обслуговування автомобілів і 450 майстерень із ремонту устаткування молочно-тваринницьких ферм (МТФ), а також 38 ремонтно-механічних заводів. У цей час середнє навантаження таких заводів становило 10...20 % від їхньої виробничої потужності.

3. Виконання значної частини роботи з ТО й ремонту (до 90 %) в експлуатуючих організаціях, тобто на ремонтній базі 1-го рівня. Основною проблемою є те, що більшість ремонтних майстерень було побудовано у

80 – 90-х роках й оснащено необхідним обладнанням на 25...30 %. На 2000 р. у сільськогосподарських підприємствах не вистачало більше ніж 140 тис. од. ремонтно-технологічного устаткування, в тому числі 55 тис. металорізальних верстатів. Забезпеченість пересувними ремонтними майстернями становила 50 %, агрегатами технічного обслуговування – 25 %, а контрольньо-вимірювальним, регулювально-обкатним устаткуванням – менше ніж 30 %.

4. За основу технічної експлуатації сільськогосподарської техніки тривалий час приймалася планово-попереджувальна система, яку засновано на планово проведених роботах через певні проміжки часу, що потребувало дуже великих матеріальних і часових витрат на виконання всіх необхідних робіт. Відомо, що технічний стан машин вимірюється за законами випадкових величин і тому регулювання технічного стану машин за допомогою планових режимів ТО й ремонтів, прийнятних для нової техніки з високими або близькими показниками якості й надійності, недоцільне.

З курсу ремонту машин відомі способи ремонтно-обслуговувальних впливів. Найбільш простий спосіб впливу – за потребою після відмови. На нього потрібні мінімальні вкладення в ремонтно-обслуговувальну базу. Складніший спосіб ґрунтується на планово-попереджувальній системі. Для його організації потрібні більші капітальні вкладення з організації як ремонтно-обслуговувальної бази, так і з її системної підготовки. Найбільш сучасним способом технічного сервісу є ТО й ремонт за технічним станом техніки, при якому застосовується контрольньо-виконавча система. Така система ґрунтується на спостереженні за поточним станом техніки за допомогою безперервного або дискретного діагностування й виконання комплексу робіт з ТО й ремонту за її результатами. Нова закордонна сільськогосподарська техніка ефективно експлуатується в основному за контрольньо-виконавською системою. За такої системи більша частина витрат вкладається виробником техніки, а потім переноситься на її вартість.

1.3. Досвід використання сільськогосподарської техніки

Збільшення витрат на придбання, утримання та експлуатацію техніки в АПК переконує споживача в необхідності організації її загального використання. Це дає можливість зменшити капіталовкладення в техніку, експлуатацію тракторів і складних машин при повному їх завантаженні, на-

близитися до оптимального співвідношення тракторів і причіпних (навісних) машин і раціонально використовувати кваліфіковані механізаторські кадри, забезпечити якісний технічний сервіс машин.

Варто відзначити, що ціни на трактори в закордонних країнах у перерахуванні на сільськогосподарську продукцію рослинництва й тваринництва значно відрізняються від відповідних цін у колишньому СРСР. Так, у США для придбання трактора потужністю 80 к. с. необхідно було реалізувати пшениці в 4,5 (45 т), картоплі – в 5,5, молока – в 5,3, яловичини – в 7,7 разів більше, ніж у СРСР.

Останніми роками в багатьох країнах спостерігається скорочення виробництва сільськогосподарської техніки, що пояснюється забезпеченням попиту на неї, а також значним зростанням її вартості. Наприклад, ринкова вартість трактора в США за 10 років зросла в 4,8, а питома вартість, розраховуючи на 1 к. с., – в 3,2 рази. Високий технічний рівень, якість і надійність закордонних машин доповнюються розмаїтістю нових моделей, з більшою уніфікацією, які пристосовані до різних природних умов і розмірів господарств. У США випускаються 343 моделі тракторів, 42 зернозбиральних і 49 кормозбиральних комбайнів, 67 моделей підбирачів. Про темпи оновлення й розмаїтості вітчизняного МТП можна судити з того, що в колишньому СРСР його марочний склад за тривалий період «розвивався» з мінімальними змінами й нараховував близько 20 моделей тракторів і 5 комбайнів. При цьому МТП у США наближається до оптимального співвідношення вартості тракторів і агрегованих з ним сільськогосподарських машин.

Світова практика засвідчила, що одним з ефективних шляхів підвищення віддачі технічного потенціалу сільськогосподарського виробництва є розвиток міжгосподарських форм його використання, а також проведення підрядних робіт.

Міжгосподарське використання сільськогосподарської техніки – реальна можливість знизити вплив таких негативних факторів, як невеликий розмір господарства, сезонні потреби в робочій силі, відсутність удосконалення техніки, недостатність фінансових ресурсів.

Уряди багатьох країн підтримують міжгосподарське використання техніки шляхом регулювання податків, надання пільгових позичок і кредитів, субсидування послуг координаторів машинної кооперації й ін. Організуються курси для координаторів, механізаторів та інших членів машинних об'єднань. Машинні ринги мають можливість у певних обсягах нада-

вати послуги стороннім організаціям, які збільшують їхній прибуток. Активно проводиться робота з пропаганди діяльності машинних ринків, об'єднань, щоб привернути до них увагу, залучити нових членів.

Порівняння витрат на виконання механізованих робіт самим господарством і міжгосподарським об'єднанням при однакових умовах майже завжди буває на користь міжгосподарського варіанта (гуртків з обміну технікою, машинних об'єднань, машинних рингів та ін.). Якщо багато фермерів нездатні самостійно придбати нову дорогу техніку через недостатність фінансів, то вони прагнуть якимось чином зменшити частину витрат на неї. Щоб компенсувати витрати на амортизацію й дістати прибуток, оснащення може перебувати в експлуатації певну кількість годин на рік. Одному невеликому господарству забезпечити це можливо й доступно лише за умови міжгосподарського використання техніки.

У результаті кооперації знижується вартість основних засобів виробництва, скорочується кількість обслуговуючого персоналу, значно зростає продуктивність роботи. Перевагою міжгосподарського використання техніки є можливість впроваджувати нові методи й технології на економічно вигідних умовах, застосовувати дороге оснащення, знижувати напруженість робіт у «пікові» періоди, розширювати сфери застосування підприємства за рахунок використання власної робочої сили й машин на сусідніх фермах та ін.

У закордонних статтях і вітчизняних публікаціях фахівці з міжгосподарського використання техніки вживають поняття «суспільство», «домашній синдикат», «машинне об'єднання», «машинний ринг», «гуртки з обміну техніки», «машинні списки» та ін. У табл. 1.1 наведено їхню класифікацію, в основу якої покладено ознаку власності. Однак на практиці чіткого розмежування між цими формами немає. Так, машинні ринги (суспільства) можуть надавати послуги третім особам (не членам суспільства), тобто займатися підприємницькою діяльністю. Окремі власники підприємств з надання механізованих послуг мають свої фермерські господарства, і для них подання послуг є не основним, а побічним джерелом прибутку.

При загальному використанні техніки взаємини між партнерами будуються на довірчій основі. При цьому обов'язково потрібно вирішити про те, що частку придбаної техніки сплачує кожна сторона й на яких умовах; про час і строки використання машин різними товаровиробниками; про порядок ремонту й обслуговування машин; умови розформування співтовариства.

Форми міжгосподарського використання техніки

Ознаки класифікації	Суспільства із загального використання техніки	Механізовані кооперативи	Підприємства з надання механізованих послуг
Основна ознака	Машини використовуються на чужій фермі, залишаючись власністю одного власника	Машини використовуються на декількох фермах, перебувають у власності декількох власників	Машина – не особисте знаряддя роботи, а джерело прибутку; надання послуг – вид підприємництва
Різновид	Машинні об'єднання, суспільства (кільця), машинні ринги, гуртки з обміну технікою, машинні списки, сусідська взаємодопомога та ін.	Машинні пули, кооперативи, машинні синдикати, машинні суспільства	Підрядники, дилерські пункти, підприємці, машинні станції

Значно зросла середня потужність і продуктивність нової техніки, а ще більше підвищилися ціни на неї. Останнє, поруч із іншими причинами, обумовило падіння попиту на нову техніку, збільшення обсягів придбання частково спрацьованих машин, загальне старіння парку машин у сільському господарстві, появу й розвиток різних форм оренди й прокату техніки.

Зросло значення для сільського господарства ринку техніки, яка вже була в експлуатації, її охоче купують не тільки дрібні, а й великі ферми. Ринок такої техніки, поруч із іншими факторами, є ефектним важелем впливу на виробника, змушуючи його підвищувати якість нової техніки й розвивати технічний сервіс, гарантувати забезпечення запасними частинами.

Важлива роль у стимулюванні придбання фермерами нової, а також дещо спрацьованої техніки й тривалого її використання належить амортизаційній і податковій політиці, що передбачає короткий амортизаційної період і стимулює тривале ефективне використання машин.

Суспільства із загального використання техніки. Взаємодопомога – усна домовленість між декількома фермерами щодо користування купленим новим і раніше вживаним оснащенням – є вихідним моментом такої організації. Розрізняються два види учасників: *власники* техніки й *наймачі*.

У цьому випадку платежі наймача покривають усі витрати власника техніки на оплату розстрочки, відсотків на ремонт, пального й т.д. Як власник, так і наймач мають вигоду від загального користування технікою, тому що це їм обходиться дешевше, ніж кожному окремо. Разом з тим такий вид взаємодопомоги потребує ретельного планування й особливого підходу у фінансових питаннях.

У ФРН є близько 200 об'єднань фермерів з використання сільськогосподарської техніки й об'єднань з надання допомоги господарствам, до складу яких входить 20 % усіх господарств, тобто охоплюється 30 % корисної сільськогосподарської площі. Крім того, використовуються послуги близько 5 тис. підрядників. Члени загальних парків сільськогосподарської техніки можуть скоротити витрати на нову техніку в середньому до 200 дол./га. Це значить, що на щорічне технічне обслуговування техніки буде витрачатися на 40 дол./га менше.

Сусідська взаємодопомога, зазвичай, є наданням тимчасової допомоги в скрутних ситуаціях: виділення техніки й робочої сили. Так, якщо один сусід купує ту або іншу машину, то другий бажає допомогти йому окупити цю машину, використовуючи її з оператором чи без нього певну кількість годин на рік.

Гурти з обміну технікою – це інша форма загального використання її. До них можуть вступити від декількох десятків до декількох сотень селян. Особливість цієї форми в тому, що кожний член організації має право вибору: користуватися чи ні послугами певного гурта. Юридичною формою такого об'єднання є асоціація, що не ставить за мету одержання прибутку. Заплативши невеликий внесок, будь-який фермер може увійти до такого гурта, при цьому він залишається власником техніки й несе повну відповідальність за її ремонт і відновлення. Таким чином, кожний член гурта користується можливостями, які надає організація, не беручи на себе юридичних, фінансових і технічних зобов'язань. Завдання гурта з обміну технікою – облік техніки, що належить його членам; зведення попиту на неї у відповідність із пропозицією (якщо деякі види робіт можна планувати заздалегідь і завдяки цьому свідомо визначати потребу в певній техніці, то бувають випадки, коли попит з'являється зненацька й може бути вдоволений відразу ж); інформування й консультування членів гурта з питань використання капіталовкладень.

Власні засоби гурта складаються в такий спосіб: внески членів, оплата за надання послуг, оплата за надання техніки як членам, так і не членам гурта, субсидія міністерства сільського господарства.

Канадські фермери об'єднуються в асоціації загального використання техніки, наймають керуючого і, якщо необхідно, робітників. Членство в цій організації не обмежене ніякими рамками, до її складу приймають на однакових умовах великих, середніх, дрібних і приватних фермерів. Найманий менеджер керує обміном послугами з використання машин і роботами між членами кооперативу, впроваджує нові технології та інші інновації, які підвищують ефективність виробництва, здійснює платежі щодо послуг автосервісу.

Машинні ринги – це форма об'єднання фермерських господарств для загального використання сільськогосподарської техніки й надання механізованих послуг стороннім організаціям. Зазвичай, машинний ринг не має власних машин, вони належать окремим членам. Ринг є посередником в організації використання машин його членами, а також усіма іншими зацікавленими особами, наприклад, з комунального господарства. Члени рингу періодично одержують фінансовий звіт по своїх кредитах і боргах, а ті, що не є членами, – рахунок машинного рингу. Істотною ознакою рингу є можливість його члена повністю використовувати власні машини або через наймання машин заощаджувати власні засоби. Нерідко членами машинного рингу є підприємці. Основою об'єднання є добровільність співробітництва. Машинний ринг має керівництво. Рішення про внески, посередницькі тарифи і оплату машин приймають щорічні збори членів рингу. Об'єднання має керівника, що відповідає за посередництво в розподілі машин і послуг; консультує з питань техніки, забезпечує облік, сприяє в придбанні машин, потрібних для роботи.

Головна мета об'єднання – поліпшення використання машин, а не одержання прибутку. Об'єднання можуть бути різними. Більшість фермерів користується послугами машинних рингів, якщо потрібні на якийсь час дорогі високопродуктивні або спеціальні машини. Крім того, машинні ринги надають робочу силу в пікові періоди проведення сільськогосподарських робіт.

У ФРН уже наприкінці 80-х років було зареєстровано понад 260 машинних рингів, до яких входили 160 тис. фермерів. Це становило майже 26 % усіх сільськогосподарських підприємств.

Економічний ефект в об'єднанні на міжгосподарській основі досягається внаслідок кращого використання машин, зниження витрат на механізацію, поліпшення роботи техніки, повної механізації робіт у маленьких і

середніх господарствах. Зменшуються капіталовкладення в техніку, забезпечується раціональний робочий процес, завдяки спеціалізації досягається висока продуктивність.

Механізовані кооперативи. Індустріалізація виробництва в АПК багатьох країн стимулювала швидкий розвиток різних видів кооперативного обслуговування фермерських господарств. Це матеріально-технічне обслуговування техніки й оснащення, створення іригаційних систем і зрошувальних мереж, забезпечення інформаційним зв'язком, виконання спеціальних робіт та ін. Кооперативи із загального використання сільськогосподарської техніки набули найбільшого поширення у Франції й Польщі.

Діяльність кооперативу ґрунтується на довірі членів один до одного, а також на здатності групи людей-активістів організувати його роботу. Прийняття уставу кооперативу й певного внутрішнього розпорядку сприяє ліквідації неузгодженостей, запобігає виникненню розбіжностей.

У Франції налічується майже 12,5 тис. таких кооперативів з 250 тис. селян. Протягом 80-х років їхня кількість подвоїлася, близько 60 % з них існує менше ніж 10 років. Зі зростанням кількості кооперативів збільшився попит на сільськогосподарську техніку.

Машини, які перебувають у розпорядженні кооперативів, як правило, є колективною власністю й за заявками фермерів (з використанням найманого персоналу) виконують у їхніх господарствах необхідні роботи. Оплата за розцінками, які щорічно затверджуються на загальних зборах членів кооператив. Державне сприяння кооперативам здійснюється у формі пільгового оподаткування й пільгових кредитів для придбання техніки. Поряд з цим існують об'єднання, де окремі види техніки залишаються приватною власністю їхніх членів і надаються власниками за погодженими розцінками. Останнім часом кооперативи приділяють усе більше уваги придбанню техніки також і для перероблення сільськогосподарської продукції.

Підприємства з надання механізованих послуг. Одним із провідних напрямів у формах міжгосподарського використання техніки є створення спеціалізованих підприємств з надання комплексу послуг у галузі механізації сільськогосподарського виробництва. До сфери робіт таких підприємств належить надання механізованих послуг сільськогосподарським виробникам, тому такі підприємства є підприємствами технічного сервісу. Обсяги й види робіт можуть бути різними – від виконання окремих видів механізованих робіт до послуг дилерських пунктів із продажу, лізингу, прокату техніки, до всього комплексу робіт з надання механізованих послуг з виробництва й перероблення сільгосппродукції.

Організаційно-економічні особливості сільськогосподарського виробництва, використання МТП тісно пов'язані з організацією технічного сервісу машин. Міжгосподарське використання оснащення є причиною появи нових видів кооперативної діяльності, зокрема загальних ремонтних майстерень, підприємств по закупівлі різних засобів виробництва й т.п.

Технічний сервіс машин здійснюють на фермах, дилерських підприємствах (у тому числі з використанням мобільних ремонтних майстерень), у спеціалізованих ремонтних майстернях фірм-виробників, машинних об'єднаннях, а також у приватних майстернях. Обслуговування машин під час збирання врожаю часто здійснюється цілодобово. Дилерські ремонтні майстерні надають своє обладнання й площі в оренду фермерам.

Економічна основа технічного сервісу – об'єднання інтересів фірм-виробників, дилерів і фермерів у забезпеченні тривалої роботоздатності машин через систему знижок преїскурантних цін, кредитування продажу нової техніки, викуп і повторну її реалізацію. Матеріальна основа технічного сервісу – гарантоване постачання запасними частинами й іншими ресурсами.

У процесі технічного прогресу сільськогосподарська техніка вдосконалюється, підвищується її ефективність і продуктивність. Тому власники техніки одержують можливість надавати все більше послуг третім особам. У результаті вони перевищують установлений поріг у виконанні робіт для свого господарства й стають підприємцями, яким це не заважає продовжувати роботу в рамках машинного рингу, кооперативу або іншого об'єднання. Різниця між особами, які надають послуги в рамках машинного рингу, і підприємцями все більше стирається.

Існує також кілька форм підприємницької діяльності з надання механізованих послуг сільськогосподарським виробникам. Одна з них – підрядники, які здають устаткування в наймання фермерам, як правило, з досвідченим оператором. Фермер одержує машини, робочу силу, а також професійну допомогу, наприклад, у сфері захисту рослин. У більшості випадків підрядники використовують сучасну техніку й найбільш ефективні методи роботи. Підрядникові сплачують не тільки витрати на машини, а й адміністративні витрати, витрати на послуги його службовців, пов'язані із соціальними аспектами, а також транспортні витрати. Тому послуги підрядника коштують дорожче, ніж участь у машинній кооперації, але якість роботи підрядників значно вища.

У різних регіонах Великобританії діють контрактні фірми, які за довірливими цінами виконують механізовані роботи. Виконання робіт і їхню

вартість обумовлюють контрактами, а іноді усною домовленістю. Фермер може відмовитися від контракту, якщо він погано працює, знайти іншого виконавця, а заподіяний збиток (недоодержання прибутку) стягнути через суд.

Тому в країнах Західної Європи багато фермерів мають тільки частину необхідної техніки, а деякі взагалі її не мають і користуються послугами сусідів, контрактників і підрядників (типу машинно-тракторних станцій, машинних рингів, гуртків та ін.).

Прокат і оренда. В умовах значного дорожчання сільськогосподарської техніки в багатьох розвинутих країнах широко використовуються такі форми надання механізованих послуг, як прокат і оренда. Основна їхня відмінність у тому, що під час оренди машини наймаються без оператора. Це нерідко спричинює складності, пов'язані з визначенням оплати за виконану роботу, оцінюванням поломок і якістю ремонту взятих напрокат машин. Переваги короткострокового прокату полягають у тому, що наймач використовує на фермі додаткову техніку стільки часу, скільки потрібно для закінчення робіт, а потім її не викуповує, а повертає. Устаткування можна взяти в короткостроковий прокат у дилера або у великого спеціалізованого підприємства. Короткостроковий прокат вигідний також тим, що фермер підбирає собі техніку, наприклад, трактор потрібної потужності, на певний період. Плата за прокат містить у собі витрати з технічного обслуговування й ремонту. Крім того, плата за прокат у рік оренди не обкладається податками. Під час придбання машини в розстрочку не обкладається податками лише 25 % від її вартості.

В основі розрахунку за прокат техніки є два види витрат: постійні й змінні. Постійні включають амортизацію (з урахуванням залишкової вартості машини), відсоток рентабельності (прибутковість), розмір податків на майно, розмір страхування, витрати на збереження техніки. Змінні витрати враховують витрати на паливно-змащувальні матеріали, ТО й ремонт. Витрати на пальне визначаються з урахуванням його вартості, а вартість змащувальних приймається за 10 % від витрат на пальне. Витрати на ремонт і технічне обслуговування визначаються з розрахунку всіх прогнозованих витрат за термін служби, розділених на кількість годин використання техніки в конкретному році й годин прокату машин.

Поширеною формою використання сільськогосподарської техніки є оренда машин. Обмежень на можливий об'єкт оренди практично не існує. Зазвичай, орендодавцями виступають фермери або фермерські кооперати-

ви. Існує короткострокова (до 1 року) і довгострокова оренда. Залежно від контракту застосовують денні, місячні, тижневі ставки орендної плати. Їх установлюють із урахуванням потужності орендованої техніки й нормативного терміну його експлуатації. За використання машин понад норматив береться додаткова плата.

Підписуючи угоду, орендар зобов'язується використовувати техніку відповідно до обумовленої норми її завантаження, а для ремонту й обслуговування запрошувати тільки фахівців. Усі витрати на експлуатацію, утримання й поточний ремонт на час контракту відшкодовує орендар, він же відповідає за збитки, які перевищують нормальне спрацьовування й не передбачене гарантією виробника техніки, а також страховою програмою. За рахунок орендаря відшкодовуються також витрати на транспортування техніки на ферму, оформлення договору про оренду. Орендар зобов'язаний повідомляти орендодавцеві про будь-яку аварію, поломку та інші випадки, які трапляються під час експлуатації оснащення. Орендодавець, зі свого боку, відповідає за комплектність і гарний технічний стан машин, має право в будь-який час перевірити їх і розірвати угоду, якщо умови експлуатації не відповідають передбаченим у договорі. Деякі контракти дають орендареві можливість протягом дії угоди замінювати один вид техніки на інший. За оцінками швейцарських дослідників, оренда знижує витрати на втримання техніки в середньому вдвічі.

Існує багато факторів для оцінювання вигоди від надання механізованих послуг з використання машин і головним з них є скорочення витрат на придбання техніки. Виникає запитання: вигідно володіти машиною чи краще брати її напрокат або в оренду? Щоб відповісти на нього, варто виходити з основної проблеми: виявити причини всіх витрат, знайти найкращі методи розрахунків.

При використанні техніки головним може бути не вигреш у витратах на певну машину, а одержання вигоди від скорочення кількості робочих годин і підвищення якості роботи. Якщо площа, яку обробляє машина, збільшується вдвічі, то це не означає, що сама машина повинна бути в 2 рази потужніша, хоча при загальному використанні це доцільніше, ніж мати машину, розраховану на одне господарство. Щоб вирішити, що краще – придбати власну машину чи взяття її напрокат, користуються рівнем окупності:

$$S_{\min} \geq \frac{C}{P-B}, \quad (1.1)$$

де S_{\min} – мінімальна площа (обсяг робіт), при якій доцільно придбати машину, а не брати її напрокат; C – щорічні постійні витрати на машинно-тракторний агрегат з урахуванням строку її амортизації; Π – величина плати за прокат; B – сумарні витрати по машинно-тракторному агрегату за час його роботи.

Наприклад, розрахуємо площу, за якої обприскувач доцільно купувати, а не брати напрокат. Ціна обприскувача становить 50 000 грн., а основні щорічні витрати – 10 000 грн. Вартість прокату обприскувача 100 грн/га, а змінні витрати – 20 грн./га. Мінімальна площа – $S_{\min} = 10\,000/(100-20) = 125$ га. Отже, при даній вартості обприскувача і його прокату, якщо площа менша ніж 125 га, економічно вигідніше цей апарат взяти напрокат.

За формулою (1.1) можна оцінити, як брати напрокат обприскувач: із оператором, із трактором або із трактором і оператором. При цьому у вищевказаній формулі необхідно враховувати витрати на робочу силу й на трактор. Наприклад, продуктивність обприскувача становить 5 га/год., заробітна плата оператора – 10 грн./год., а витрати на трактор – 50 грн./год. Тоді: - при прокаті обприскувача, трактора й оператора

$$S_{\min} = \frac{10000}{100 - 20 - \frac{10}{5} - \frac{50}{5}} \geq 147 \text{ га};$$

- при прокаті обприскувача й трактора

$$S_{\min} = \frac{10000}{100 - 20 - \frac{50}{5}} \geq 143 \text{ га};$$

- при прокаті обприскувача й оператора

$$S_{\min} = \frac{10000}{100 - 20 - \frac{10}{5}} \geq 128 \text{ га}.$$

Отже, для оцінювання виду прокату необхідно враховувати площу, яка повинна бути не меншою ніж 147, 143 або 128 га відповідно.

Лізинг сільськогосподарської техніки. Одним з перспективних способів забезпечення сільськогосподарського виробництва й переробних областей АПК машинами й устаткуванням є лізинг – об'єднання оренди з фінансуванням капітальних вкладень.

Лізинг (від англ. *leasing – openda*) – це довгострокова оренда машин, устаткування, транспортних засобів, споруджень виробничого призначення.

У світовій економічній практиці саме завдяки розвитку лізингових відносин вирішується проблема технічного відновлення й структурної перебудови господарського комплексу. Порівняно з орендою лізинг – більш складна й синтетична форма господарських зв'язків. Якщо орендодавець здає в оренду своє майно, то *лізингодавець* спеціально купує майно у виробника або іншого власника для передачі в лізинг, нерідко за прямою вказівкою й вибором майбутнього *лізингоодержувача*. Договір лізингу часто оформлюється як договір «купівлі-продажу й оренди з викупом». Лізинг є формою довгострокового фінансування й майнового кредиту, окремі його види мають схожість із продажем майна в розстрочку і з прокатом. Лізингодавець стає посередником між виробником, якому треба одержати повну вартість своєї продукції, і споживачем, що не має на це коштів. Для лізингодавця лізинг є напрямом підприємницької діяльності, прибуток його є складовою частиною лізингових платежів.

Лізинг зручний для всіх сторін лізингових відносин. Для виробників розширюються можливості збуту продукції, лізингодавцям забезпечується швидке повернення інвестованого капіталу внаслідок застосування підвищених норм амортизації й надання державою податкових та інших пільг. Лізингоодержувач може оперативно оновити виробничі фонди, одержавши в користування нове дороге обладнання без його негайної повної оплати, без більших разових виплат і т.п.

У міжнародній практиці використовують різні форми лізингових операцій. Залежно від їхнього змісту розрізняють фінансовий і оперативний лізинг.

При *фінансовому лізингу* спеціалізовані компанії передають в оренду машини та обладнання на період їхньої повної амортизації (зазвичай, на 2 – 6 років). При цьому лізингова угода не може бути розірвана раніше від установленого в договорі терміну. Основний зміст фінансового лізингу в тому, що за час дії угоди про лізинг орендар сплачує орендодавцеві повну вартість орендованого майна і в подальшому може стати його власником.

При *оперативному лізингу* строк оренди, як правило, значно менший від строку фізичного спрацювання оснащення; передача машин здійснюється на певний термін або на один виробничий цикл на задалегідь перед-

бачених в угоді умовах. Так, технічне обслуговування й ремонт може здійснювати лізингова компанія, а лізингова угода у випадку його неналежного виконання орендарем може бути в будь-який час розірвана.

В іншому варіанті вся відповідальність за пошкодження (втрату) майна покладається в основному на орендодавця. Він же здійснює технічне обслуговування, поточний ремонт і догляд за зданим в оренду устаткуванням. Основна перевага оперативного лізингу полягає в можливості короткочасного використання орендарем оснащення й техніки зі швидким моральним спрацьовуванням.

Існують і інші види й форми лізингу, які, зазвичай, класифікуються за різними критеріями. Так, різновидами фінансового є зворотний і компенсаційний лізинг.

При *зворотному лізингу* власник оснащення продає його лізинговій компанії, а потім орендує його. У цьому випадку постачальник і орендар – одна й та сама особа.

Компенсаційний лізинг характерний тим, що орендар у рахунок орендної плати передає лізинговій компанії частину продукції, виробленої з використанням лізингового оснащення.

Залежно від особливостей лізингових операцій у відносинах між орендарем і орендодавцем розрізняють *прямий лізинг* (виробник або власник майна виступає як здавач у наймання) і *непрямий* (здавання в оренду ведеться через посередника).

Договори лізингу можуть бути також з повною й частковою виплатою. Лізинг із *повною виплатою* означає, що протягом строку договору лізингова компанія повертає собі всю вартість оснащення, тобто розмір орендних платежів розраховують таким чином, щоб компенсувати вартість оснащення й принести прибуток. При лізингу із *частковою виплатою* під час дії одного лізингового договору компанія одержує лише частину вартості устаткування. Слід зазначити, що в сумарному розрахунку лізинг обходиться дорожче, ніж купівля нової техніки, однак у перші роки придбання витрати менші, ніж на купівлю.

Видами лізингу є й такі форми господарських зв'язків, як рейтинг, хайринг і побутовий прокат.

Рейтинг – короткочасна оренда машин без права їхнього викупу. Власником є рейтингове суспільство, що бере на себе витрати з ремонту й обслуговування майна.

Хайринг – середньострокова оренда. Суб'єкти угоди – приватні особи, термін договору – не більше ніж 4 місяці, по закінченні терміну об'єкт не викуповується.

У лізингу, на відміну від оренди, беруть участь три сторони: орендар, орендодавець і постачальник. Орендодавець, що виконує тільки фінансові функції, укладає два договори – про лізинг із орендарем і контракт на закупівлю оснащення з постачальником; або ж тристоронній договір. Вибір устаткування, його приймання та інші операції здійснює орендар. Лізингова компанія оплачує вартість устаткування. Протягом установленого терміну орендар виплачує лізинговій компанії орендну плату, яка включає фінансові, витрати на оплату покупки, інші різні витрати, а також відсоток прибутку. По закінченні терміну контракту орендоване устаткування або продається орендареві за залишковою вартістю, або лізингова фірма шукає нового орендаря.

1.4. Організація технічного сервісу за кордоном

Аналіз закордонного досвіду з організації робіт з технічного сервісу показав, що основний обсяг робіт з обслуговування й ремонту сільськогосподарської техніки виконують спеціалізовані підприємства або дилери. Основним принципом технічного обслуговування й ремонту машин є те, що відповідальність за технічний стан сільськогосподарської техніки протягом усього терміну її експлуатації несе фірма-виготовлювач найчастіше через систему дилерів. Цей принцип у більшості країн прямо або побічно підкріплено законодавством.

Способи організації сервісу сільськогосподарської техніки розглянемо на прикладі найбільш характерної фермерської країни – США. Основний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт виконують там дилерські пункти (40...50 %). Інші обсяги робіт (30...40 %) розподіляють між ремонтними майстернями великих фермерських господарств площа, яких понад 500 га, і приватними ремонтними майстернями (10...20 %). Зараз у США налічується кілька тисяч дилерських пунктів, які організовані 43 тракторними й 30 комбайновими заводами.

Функції, які виконують дилерські пункти, подібні до функцій МТС, які існували в колишньому СРСР у 1930 – 1958 рр., а саме:
- передпродажне й післяпродажне обслуговування;

- виробництво й забезпечення запасними частинами;
- придбання й ремонт машин, які раніше використовувалися, їхня реалізація;
- проведення технічного обслуговування й ремонту;
- підготовка й перепідготовка механізаторів;
- виконання механізованих робіт;
- надання технічної, нормативно-технічної документації й консультування.

Підприємства ремонтно-обслуговуючої бази працюють у режимі гострої конкуренції, яка призводить до процесів укрупнення дилерських пунктів. У США в 50-і роки працювало 30 тис. дилерських підприємств, у 70-і – всього 16 тис., у 80-і залишилося їх близько 7 тис. У цей період середній радіус обслуговування одного дилерського пункту доходив до 35 га, середня кількість працівників становила 13 осіб, а середній обсяг реалізації на одну людину – не менше ніж 600 тис. доларів.

В організаційній структурі реалізації технічного сервісу сільськогосподарської техніки в США виділяється три основних учасники: виробник, дилер і споживач. Близько 90 % компаній-виробників організують продаж, технічне обслуговування сільськогосподарської техніки, постачання запасних частин через мережу незалежних дилерських пунктів. Основна частина реалізації *дилерів* припадає на продаж нової й частково спрацьованої техніки, запасних частин. У той же час найбільш прибутковими видами діяльності є реалізація запасних частин, надання послуг, а також оренда техніки.

Дилер виконує три види обслуговування: передпродажне, під час продажу й післяпродажне, а також гарантійний і післягарантійний ремонт техніки. *Передпродажне* обслуговування полягає в доукомплектуванні машини, перевірці її роботи, регулюванні, обкатуванні протягом однієї години й наданні їй товарного вигляду. Під час продажу дилер протягом 1 – 2 год. ознайомлює покупця із загальною будовою машини, особливостями роботи на ній, інструкцією з експлуатації, пояснює основи обслуговування машини, правила техніки безпеки, умови гарантії.

Післяпродажне обслуговування передбачає, насамперед, відвідування покупця в перші 10 – 12 днів після придбання машини для консультацій і відповідей на запитання, що виникли в клієнта при експлуатації техніки.

Ремонт техніки проводиться як у майстернях дилерського пункту, так і з виїздом до клієнта. Після огляду машини дилер або його представник погоджує з клієнтом обсяг ремонтних робіт, інформує про їхню орієнтовну

вартість, пояснює свої зобов'язання. При надходженні машин до майстерні для обслуговування або ремонту оформляється карта-наряд, у якій машині привласнюється ідентифікаційний код, що складається з цифр номера моделі та її серійного номера. У карті вказується також завод-виробник, рік випуску, дата придбання, прізвище власника та інші відомості. Майстер (менеджер) визначає конкретного виконавця робіт, складає разом з ним перелік необхідних операцій, визначає потребу в запасних частинах і матеріалах. У карті-наряді фіксується також час, витрачений механіком на виконання робіт. По закінченні робіт складають калькуляцію і клієнтові видають рахунок. У США практикують два способи оплати клієнтами ремонтних робіт на дилерському пункті: тарифну – за певні види робіт і погодинну – за фактично витрачений час на ремонт. При цьому клієнт сплачує також вартість запасних частин і матеріалів.

У першому випадку при оцінюванні вартості ремонту дилер користується довідником нормативів витрат робочого часу за видами ремонтних робіт. Довідники випускає компанія-виробник техніки. У другому випадку клієнт сплачує робочий час, фактично витрачений механіком на ремонт. Витрати часу механіка на виконання окремих операцій реєструються з точністю до 6 хв. Близько 80 % дилерів визначають вартість ремонту за другим методом, оскільки перший не стимулює високої якості робіт.

Послуги з ремонту й обслуговування техніки дають дилерові майже 10 % загального обсягу фінансових надходжень, однак у його загальному доході частина їх становить близько 25 %, тобто сервіс стає прибутковою сферою діяльності дилера.

Дилери, як правило, – юридично й економічно самостійні підприємства. Свої взаємини з однією або декількома компаніями, техніку яких вони реалізують на ринку, оформлюють договором, у якому визначають взаємну відповідальність сторін. Дилери прогнозують потребу в техніці в зоні своєї діяльності на 2 – 3 роки, з огляду на накопичений досвід її реалізації. Коло відносин дилера й клієнта охоплює реалізацію нової техніки й запасних частин, комісійну торгівлю технікою, різні види обслуговування й ремонту машин і оснащення, навчання клієнтів, експлуатацію техніки.

Кожна компанія періодично публікує прейскурант рекомендованих роздрібних цін на всі види техніки. Вони є орієнтиром для дилера й фермера. Дилерові як оптовому покупцеві компанія продає техніку зі знижкою на 10...30 % залежно від попиту на конкретну категорію машин. Знижку розраховано на покриття його витрат, пов'язаних із транспортуванням

придбаної техніки, організацією її продажу, післяпродажним обслуговуванням, гарантійним ремонтом, а також включається можливий прибуток. Знижка із прейскурантної ціни відіграє значну роль в організації технічного сервісу, налагодженні відносин між споживачем та організаціями технічного сервісу. Вона дає можливість економічно зацікавити фірму-виробника й дилера в ефективній роботі техніки у споживача.

Знижка може збільшити дохід дилера, якщо він завдяки кваліфікованому інструктажу фермера щодо правильного використання машин, а також недорогому гарантійному обслуговуванню забезпечує економію витрат під час експлуатації. У цьому зацікавлені всі партнери: фірма, дилер і фермер. Це дає їм можливість об'єднувати зусилля для створення нової високопродуктивної техніки, ефективного її використання, забезпечення якісного технічного сервісу. Дилер повинен сплатити за техніку протягом 6 – 15 місяців з моменту її поставки, залежно від виду машин. Якщо ж машину реалізовано раніше від установленого строку, то дилер повинен негайно провести виплату компанії. Дилер, який реалізує нову техніку, також несе відповідальність перед компанією за її гарантійне обслуговування.

Виробництво запасних частин для тракторів і сільськогосподарських машин становить 25...30 % вартості випущених машин, а за деякими машинами досягає 50...60 %. На торгівлю запасними частинами на дилерів припадає до 60 % загального обсягу їхнього випуску заводами-виробниками. Як і для нової техніки, компанії випускають каталоги запасних частин із зазначенням рекомендованих роздрібних цін. Останнім часом компанії оформлюють усі каталоги у вигляді комп'ютерних баз даних. Знижки дилерам на запасні частини також становлять 30 % рівня рекомендованих роздрібних цін.

Прогноз зниження у 80-і роки темпів відновлення сільськогосподарської техніки й підвищення попиту на запасні частини не виправдався. Обстеження, проведене Інститутом сільськогосподарського й промислового оснащення США серед 22 провідних компаній сільськогосподарського машинобудування, не показало помітного зростання обсягу продажів. У той же час відбулися значні зміни в структурі ринку запасних частин: у середині 80-х років минулого століття частка дилерів у торгівлі запасними частинами сільськогосподарської техніки знизилася з 69 до 59 %, тобто дилери втратили 10 % ринку. При цьому частина спеціалізованих компаній з реалізації запасних частин зросла з 17 до 22 %, а незалежних майстерень і

магазинів у сільській місцевості – із 7 до 10 %. Така тенденція зберігається й досі.

У зв'язку з подорожчанням нової техніки й погіршенням загального фінансового стану фермерських господарств усе більшого розвитку набувають спеціалізовані служби й підприємства з ремонту техніки, відновлення деталей і вузлів машин з наступною їхньою реалізацією як запасних частин.

Послуги з ремонту й обслуговування техніки дають дилерові до 25 % загального доходу, тому сервіс стає прибутковою сферою діяльності дилера. Машини, які частково виробили ресурс, купують фермери й дилерські пункти, збільшуючи обсяг комісійної торгівлі сільськогосподарською технікою. Оцінюють їх в основному за зовнішнім виглядом і станом базисних деталей (кабіни, двигуна, шин та ін.), для чого розроблено відповідні рекомендації.

Відновлені деталі й вузли, що частково виробили ресурс, у середньому майже наполовину дешевші. На деякі деталі й вузли ціни становлять 10...50 % ціни на нові, збільшуючись у міру складності деталі, вузла й рівня їхнього післяремонтного ресурсу.

Підприємства й дилерські пункти займаються комісійним продажем техніки, придбаной у фермерів або дилерів і відремонтованої. Внаслідок наближення до споживача, невисоких витрат, використання відновлених деталей і відремонтованих вузлів та інших факторів ціна таких машин успішно конкурує з машинами, реалізованими дилерами. Зміна економічних умов, пов'язана зі зниженням обсягів продажу нової техніки, змушує дилерів, які спеціалізувалися на продажу техніки однієї компанії, розширювати свою діяльність. Цією діяльністю стає продаж відновленої техніки.

У зв'язку з подорожчанням нової техніки й погіршенням загального фінансового стану фермерських господарств усе більшого розвитку набувають спеціалізовані підприємства з ремонту техніки, відновлення деталей і вузлів машин з наступною їхньою реалізацією як запасних частин. За даними Національної асоціації дилерів тракторних запчастин, у США налічується близько 500 підприємств і пунктів з відновлення й реалізації деталей, вузлів і агрегатів сільськогосподарської техніки. Основна частина таких підприємств забезпечена устаткуванням на рівні середнього дилерського пункту, а то й нижче, а інші, які ближче до сільської місцевості, являють собою площадки для спрацьованої техніки, з якої за бажанням кліє-

нтів знімають необхідні деталі й вузли. Відновлені й частково спрацьовані деталі й вузли на таких підприємствах також майже наполовину дешевші, ніж нові. На деякі деталі й вузли ціни становлять 20...60 % цін на нові, збільшуючись у міру складності деталі, вузла й рівня їхнього післяремонтного ресурсу.

Сформовану систему технічного сервісу в США у вигляді дилерських пунктів підкріплено законодавством. Заборонено випуск техніки без організації її ремонту й обслуговування. Відповідно до закону про якість відповідальність за стан техніки несе фірма-виготовлювач у плінні всього строку її експлуатації. Тому виготовлювач змушений розміщувати в усіх місцях, де споживається його техніка, дилерські пункти.

Таким чином, більшість робіт з технічного сервісу в АПК Сполучених Штатів Америки проводять фірми-дилери, які працюють із виробниками техніки й мають від них найбільш вигідні фінансові умови. З цього можна зробити висновок, що організацію ТО й ремонту сільгосптехніки в США забезпечують заводи-виробники.

Аналогічні системи організації ТО й ремонту діють і в інших розвинутих капіталістичних країнах. Отже, купівля закордонної техніки дає виробникам змогу забезпечувати розвиток дилерської системи за межами України.

1.5. Ефективність використання техніки

Кризові явища агропромислового комплексу України найбільше вдарили по його механізації й технічному сервісу, які потребують найбільших капіталовкладень. Розмір капітальних вкладень в АПК за цей період у середньому зменшився в 25 разів. За останні 10 років минулого століття в Україні кількість придбаних тракторів зменшилась у 100, комбайнів і сільгоспмашин – у 20...25 разів. У результаті 70...90 % сільгосптехніки відробили свій нормативний термін експлуатації. Переважна більшість техніки морально й фізично застаріла. Це призвело до негативних наслідків у багатьох напрямках. У галузі виробництва сільськогосподарської продукції істотно знизилась його енергооснащеність і енергонасиченість, порушувались агротехнічні вимоги до виконання робіт і т.д. У галузі сільськогосподарського машинобудування зниження купівельної спроможності й збитковість сільськогосподарських підприємств призвели до різкого скорочення обсягів виробництва. Виробництво тракторів в Україні в цей період зни-

зилось з 136 тис. за рік до 12...15 тис., а комбайнів – з 13 тис. до 300. Виробництво плугів скоротилося в 30...40, борін – у 70...80 разів і т.д.

Скорочення виробництва на підприємствах сільськогосподарського машинобудування, з одного боку, практично не дає змоги обновлювати продукцію й тому збільшується розрив у технічному рівні виробленої техніки. З іншого боку, виключається можливість заводів-виробників створювати фірмову дилерську мережу й сервісну базу для неї. Усі ці кризові явища мали ще важчі наслідки для ремонтно-обслуговуючої бази. Заводи-виробники мають можливість шукати вихід для своєї продукції за кордоном, у них є універсальне обладнання, на якому можна робити іншу продукцію. Ці підприємства розташовані у великих містах, тому можуть займатися іншою господарською діяльністю: здавати в оренду або продавати приміщення й устаткування, організувати торговельні центри та ін. Ремонтно-обслуговувальні підприємства АПК за своїми виробничими потужностями і можливостями значно менші, розташовані в основному поза містом. Тому на ці підприємства ринкові зміни позначилися найбільш негативно.

В АПК процес відновлення сільськогосподарської техніки відбувається шляхом її придбання в іноземних виробників або вітчизняного розроблення, виробництва й освоєння більш енергонасиченої, легкої в керуванні, комфортабельної, зручної у використанні, ремонті й обслуговуванні. Ліквідація економічних кордонів між країнами СНД і Заходом надає виробникам сільськогосподарської продукції можливість вибирати й закуповувати закордонну або вітчизняну техніку. Такий вибір ґрунтується на порівнянні ефективності техніки, що визначається ціною, витратою палива, експлуатаційними витратами, організацією використання, технічного сервісу й т.д. Для вирішення доцільності придбання конкретної машини необхідна комплексна оцінка її технічного рівня.

Набутий досвід останнього десятиліття в країнах СНД показав, що при незаперечних перевагах за технічними та експлуатаційними показниками закордонна сільськогосподарська техніка значно поступається за економічними показниками – високою ціною, а також витратами, пов'язаними з варіантами її придбання й використання [1 – 3].

З досвіду експлуатації в Росії, Україні, Казахстані видно, що через високу ціну закордонної збиральної техніки значно зростає собівартість збирання. Це спричинено також зростанням витрат на амортизацію, ремонт і обслуговування, накладних витрат пропорційно початковій вартості. В ре-

зультаті, собівартість збирання на 1 га озимої пшениці комбайном «Джон Дір-9510» удвічі вища, ніж комбайном «Дон-1500», а комбайнами «Клаас Мега-208», «Кейс-2306» вища у півтора рази.

Порівняльну оцінку основних техніко-економічних показників зернозбиральних комбайнів, вироблених у Росії й за кордоном, зроблено у Всеросійському інституті економіки сільського господарства [3]. Оскільки вартісні показники наведено в російських рублях, проаналізуємо співвідношення цих показників, які з достатньою точністю можуть бути застосовані й для умов України. Як впливає з табл. 1.2, при прямому комбайнуванні російських комбайнів витрати в 1,1...4,7 рази менші, ніж у закордонних аналогів. Витрати праці на виробництво одиниці продукції також у російських комбайнів в 1,2...2,1, а матеріалоемність – в 1,1...2,5 рази вищі.

Таблиця 1.2

Техніко-економічні показники зернозбиральних комбайнів [3]

Основні показники	Марка комбайна й країна-виробник										
	КЗС-3, Росія	СК-5А «Ніва», Росія	«Єнісей 1200», Росія	«Кедр-1200», Росія	«Дон-1500Б», Росія	«Дон-2600ВД», Росія	«Массей Фергоссон МФ-8590», Канада	«Вестерн-8570», Канада	«Кейс-2166», США	«Клаас-218», Німеччина	«Джон Дір-9500», США
Витрати при прямому комбайнуванні, руб./га	404,6	467,2	456,0	228,0	406,0	317,1	884,7	644,6	534,1	1069,7	528,5
Витрати праці, люд.-год./т	0,17	0,13	0,13	0,12	0,12	0,09	0,09	0,08	0,1	0,1	0,08
Матеріалоемність на одиницю пропускної здатності, т/(кг/с)	2,0	1,7	1,6	1,6	1,46	1,4	1,26	0,8	1,4	1,2	0,84
Вартість комбайна, віднесена до пропускної здатності, тис. руб./(кг/с)	327,7	200	198,2	177,4	200	168,2	409,6	331,8	478,7	689,2	565,9
Витрати на експлуатацію за термін служби комбайна, млн. руб.	0,5	0,8	0,76	0,42	0,72	0,8	3,6	2,97	1,9	4,0	2,4

Відношення вартості комбайна до його пропускної здатності в закордонних комбайнів може бути таке саме, як у російських, а може бути вищим у 4 рази. Найбільша диспропорція існує у витратах на експлуатацію за термін служби; для закордонних зразків комбайнів ці витрати в 3...9,5 рази вищі, ніж у російських комбайнів. Можна відзначити підвищення технічного рівня для нових моделей російських комбайнів (зниження наведених витрат, матеріалоемності, вартості, пропускної здатності й витрат праці), що свідчить про цілеспрямоване вдосконалення їхніх конструкцій й істотне зниження різниці в показниках технічного призначення із закордонними аналогами.

Таким чином, починаючи з 1991 р., у зв'язку з названими причинами, відбувається завоювання й насичення як ринку АПК України, так і інших країн СНД закордонною сільськогосподарською технікою. У результаті виконаного аналізу ефективності використання закордонної сільськогосподарської техніки, зроблено такі висновки [1].

1. Сільгосптехніку придбавали окремі регіони або суб'єкти господарської діяльності. Купити закордонну техніку було простіше, ніж виготовити у себе в країні. Але поставлені машини не відповідали комплексу машин, що існує в нас. Тобто при їхньому використанні не виконувалися вигоди діючих технологічних карт, не агрегатувалися необхідні сільськогосподарські машини, не відповідали рівні тиску в гідросистемі, характеристики робочих рідин. Отже, висмикувались окремі частини технологічних ланцюжків, які в подальшому не стикувалися з обладнанням, що використовується в нас.

2. Умови придбання техніки істотно відрізнялися від традиційних умов купівлі-продажу. Фінансування здійснювалося за рахунок бюджету, засобів адміністрацій регіонів, фінансово-промислових груп або під їхні гарантії. Висока вартість закордонної техніки та її обслуговування, високі відсотки за кредитування призвели до того, що досить велика кількість підприємств усе ще розраховуються за неї. Це пояснюється відсутністю методик розрахунку ефективності від застосування такої техніки, досвіду й фахівців, які складають бізнес-плани.

3. Застосування закордонної техніки повинно бути пов'язане з усім комплексом агротехнічних вимог. Так, вартість збирання з 1 га комбайном «Джон Дір-9510» при врожайності 40 ц/га становить до 25 % вартості її реалізації за світовими цінами. Тобто застосування такого комбайна ефективно при врожайності понад 40 ц/га.

4. Гарні враження залишає робота закордонної сільгосптехніки в перший рік роботи. Багато авторів бізнес-планів не враховують, що експлуатаційні витрати з часом змінюються, а в розрахунках не розглядають умов експлуатації після 3 – 5 років, тобто терміну окупності. За даними дослідників з Німеччини, експлуатаційні витрати при наробітку 200 га становлять 16 марок на 1 га, при наробітку 1000 га – в 2,5 рази вищі, 2000 га – в 3,6, а при 2500 га – в 4 рази вищі. Це без урахування витрат, пов'язаних з оплатою лізингу, кредитування й страховки. Для російських комбайнів початкові експлуатаційні витрати в 1,5...2 рази нижчі.

5. Будь-яка сільгосптехніка оцінюється цілим рядом абсолютних або відносних показників. Виробники рекламують кращі показники. Ефективність використання техніки має оцінюватися за комплексом показників. Одним з підходів є ранжирування їх. Оцінка вагомості 20 показників ефективності використання зернових комбайнів [2] показала, що їх ранжирують у такий спосіб:

- 1 – зведені витрати, грн./га;
- 2 – витрати праці, люд.-год./т;
- 3 – коефіцієнт готовності;
- 4 – наробіток на відмову, год.;
- 5 – витрати на експлуатацію протягом терміну служби, тис. грн./га;
- 6 – продуктивність, т/год.;
- 7 – питома витрата палива, кг/год.;
- 8 – втрати зерна, %;
- 9 – питома енерговитрати, квт·год./т;
- 10 – коефіцієнт безпеки й т.д.

Фактичне оцінювання цих показників за даними 2000 р. для різних комбайнів дало такі результати. Наведені витрати при прямому комбайнуванні становлять: для комбайнів СК-5А «Нива», «Єнісей» і «Дон-1500» – 90 грн./га, «Кедр» і «Дон-2600» – 60 грн./га. Для «Массей Ферпоссон» (Канада) – 160 грн./га, «Джон Дір», «Кейс» (США) – 110 грн./га, «Клаас» (Німеччина) – 200 грн./га. У цих даних не враховано витрат, пов'язаних з лізингом, кредитом і страховкою. Витрати праці становлять 0,12...0,13 люд.-год./т для російських комбайнів, 0,08...0,1 люд.-год./т для закордонних. Витрати на експлуатацію за термін служби СК-5А «Нива», «Дон-2600», «Єнісей» і «Дон-1500» – 150 тис. грн., «Кедр» – 90 тис. грн. Для «Массей

Фергюссон» – 700 тис. грн., «Джон Дір» – 500 тис. грн., «Клаас» – 800 тис. грн.

Таким чином, закордонна техніка має переваги за технічними та експлуатаційними показниками, але явно поступається за економічними показниками через високі початкові ціни. Наприклад, малі витрати праці, пов'язані із забезпеченням високої якості техніки й комфортних умов роботи, викликані насамперед високим рівнем заробітної плати. В наших умовах у цьому немає необхідності.

1.6. Робота підприємств технічного сервісу

Вищевказані причини призводять до того, що при старіючому машинно-тракторному парку замість підприємств 2-го рівня, які раніше виконували більший обсяг ремонтно-обслуговувальних робіт, ці роботи виконують підприємства, що експлуатують техніку. Більшість господарств не мають засобів на придбання нової техніки в повному обсязі, тому навряд чи вони зможуть знайти засоби для розвитку власної ремонтнообслуговуючої бази. Закордонна сільськогосподарська техніка при високій початковій вартості також потребує організації системи ТС. У таких умовах система планово-попереджувальних ремонтів для наявного МТП стає все більше неефективною, оскільки без ТС не може функціонувати навіть та сільськогосподарська техніка, що залишилася в експлуатації, яка не може забезпечити потреби в механізації виробників сільськогосподарської продукції. Вихід із кризової ситуації, що створилася, повинен бути поетапним і мати такі напрями.

Першим напрямом є збереження й забезпечення працездатності наявного в експлуатації парку тракторів, комбайнів і сільськогосподарських машин. Середній вік МТП, що експлуатується тепер, становить 10 – 12 років; при належному ремонті роботоспроможність цієї техніки можна підтримувати протягом мінімум ще 5 – 6 років. Про це свідчить світова практика. У провідних з виробництва сільськогосподарської продукції країнах сільськогосподарська техніка експлуатується понад 15 – 20 років. Середній вік техніки – більше ніж 12 – 15 років. За останні десятиліття в МТП США тракторів зі строком експлуатації до 5 років використовується всього 1,5...25 % загальної кількості, 15...16 % тракторів мають термін експлуа-

тації 5 – 10 років, тобто такі, які, за нашими поняттями, повинні списуватися. 15...25 % тракторів мають строк експлуатації 10 – 15 років, термін експлуатації 15 – 20 років – 20...23 %, а 12...15 % тракторів експлуатуються 20 – 25 років. Слід зазначити, що використовуються 25...30 % тракторів, термін експлуатації яких становить понад 25 років. При цьому технічний стан тракторів віком 17 – 18 років тільки в одному випадку з п'яти оцінюється як поганий. Це все свідчить не тільки про високу якість і надійність виробленої сільськогосподарської техніки, а й про дбайливе ставлення до неї в процесі експлуатації. Важливим регулятором відсіювання техніки низької якості є ринок уживаної техніки.

Найближчим часом навряд чи розвинуться виробничі потужності заводів-виробників сільськогосподарської техніки, щоб випустити протягом навіть 10 років десятки тисяч тракторів і тисячі комбайнів. Та й вільні засоби у виробників для збільшення випуску у таких обсягах навряд чи знайдуться, а в споживачів – кошти для придбання.

Для вирішення питань у цьому напрямі розвитку системи технічного сервісу можна виділити три завдання.

По-перше, відновлення або створення підприємств, які ремонтують і обслуговують двигуни й паливну апаратуру – серце всієї енергетики сільського господарства. Це необхідно як для забезпечення працездатності мобільної техніки, так і для зниження питомих витрат ПІММ. Технічний сервіс паливної апаратури дає змогу до 30 % знизити питому витрату палива, завдяки чому збільшиться обсяг механізованих робіт при тих самих витратах.

По-друге, модернізація наявної техніки шляхом заміни агрегатів, вузлів і комплектуючих на нові модифікації, в тому числі виробництва провідних закордонних фірм. Це дозволяє не просто підтримувати сільськогосподарську техніку в працездатному стані, а й підвищувати її технічні параметри й додавати нових властивостей старіючому МТП. Тут може йтися про новітні види паливної апаратури, агрегати гідравлічних систем, електроустаткування, комутаційні елементи, перспективне використання й заміну окремих швидкозношуваних деталей на більш якісні й міцні.

По-третє, розвиток відновлення зношених деталей як альтернативи нових на обслуговування старіючого парку машин, а отже, на зниження витрат на підтримку працездатності МТП. Відремонтовані деталі в більшості випадків мають меншу вартість, ніж нові. Витрати на відновлення деталей значно менші від витрат на її виготовлення. Тому економічний інте-

рес ремонтного підприємства збільшується пропорційно зростанню цін на запасні частини.

Іншим напрямом діяльності підприємств ТС в аграрному секторі є створення ринку вживаної техніки, що є одним з важливих складових у забезпеченні технікою за кордоном. За свій 20 – 30-річний термін служби трактори, комбайни й сільськогосподарські машини перепродуються по 2...3 рази, переходячи з рук у руки. Як свідчить закордонний досвід, у загальному обсязі реалізації США, Німеччини, Японії на одну нову машину, продану дилерами, припадає 3 – 4 відремонтованих, які купуються через ринок уживаної техніки. Вартість уживаної техніки знижується зі збільшенням віку техніки й може зменшуватися в 3...12 разів порівняно з вартістю нової техніки.

Ринок уживаної техніки може формуватися внаслідок:

- модернізації й капітального ремонту списаної й застарілої техніки;
- надлишків техніки, які утворюються в господарствах у результаті їхніх структурних перетворень, боргів або невикрашеного лізингу;
- заміни в економічно сильних господарствах морально застарілих машин на техніку нового покоління; на жаль, таких господарств не більше ніж 10 %;
- використання нових або відновлених деталей, вузлів і складальних одиниць, а також поставок комплектів вузлів, агрегатів для модернізації.

У сучасних умовах для МТП господарств згубні списання й здача в металобрухт сільськогосподарської техніки, тому що ця техніка може бути відновлена й реалізована на вторинному ринку вживаної техніки. За даними ДержНДТІ, у списаній сільськогосподарській техніці тільки 20...25 % деталей підлягають вибраковуванню, 40...50 % придатні для подальшого використання й тільки 30...40 % деталей придатні для відновлення.

Підприємства, які займаються ремонтом, обслуговуванням і відновленням використовуваної техніки, повинні бути сертифіковані й мати ліцензію на право виконання цих робіт. Однією з істотних економічних вигід розвитку ринку використовуваної техніки є те, що він стримує зростання цін на нову техніку.

Важливим напрямом діяльності підприємств технічного сервісу є подальший розвиток машинно-тракторних станцій та ефективне використання нової техніки. Якщо нової сучасної техніки недостатньо, то далекими стають перспективи оволодіння сучасними технологіями в АПК і підвищення його продуктивності. Держава не має засобів, щоб забезпечити ма-

сштанбне фінансування АПК для впровадження сучасних технологій і техніки. Тому одним з найефективніших способів для цього впровадження є концентрація засобів у МТС.

Використання МТС є ніби повторенням уже пройденого. У 30-і роки перед сільським господарством ставилося завдання створити механізоване землеробство. І вперше в колишньому СРСР у 1928 р. в радгоспі ім. Т. Шевченка Березівського району Одеської області було створено першу машинно-тракторну станцію. Спочатку в 1927 р. в радгоспі було організовано тракторний загін у складі 10 тракторів, який на договірних засадах виконував механізоване обслуговування господарств у навколишніх селах. Його основною умовою було виконання польових робіт на машинах самими селянами на усуспільнених селянських земельних наділах. Основною функцією було виконання механізованих робіт, навчання й технічна інформація про можливості техніки. Після першого року роботи на базі цієї тракторної колонії створено першу МТС. Приклад радгоспу ім. Т. Шевченка став початком створення й розвитку МТС по всій країні. У 1930 р. в колишньому СРСР уже функціонувало 158 МТС, у 1932 р. – 3100, в 1948 р. – 7600, а в 1953 р. – понад 8900. У той період МТС відіграли велику роль у перебудові дрібного селянського господарства на велике колективне.

Позитивний досвід використання техніки через МТС розвивався й був основою механізації сільського господарства до 1953 р. До Великої Вітчизняної війни фізично не вистачало сільськогосподарської техніки, не було розвинутої промисловості, яка б її випускала, не було підготовлених кадрів та ремонтно-обслуговувальної бази. МТС тоді мали акумулювати ту невелику кількість найпростішої сільськогосподарської техніки, яку їм передавала держава, й створювати механізоване землеробство.

У 90-і роки й у наш час сільськогосподарської техніки бракує з економічних причин – немає платоспроможного споживчого попиту. До 1989 р. комбайн «Дон-1500» коштував господарству 400 т пшениці 3-го класу, в 1999 р. комбайн «Лан» обходився в 1690 т, з 2001 р. він став дешевшим – 690 т. У Росії в 1992 р. комбайн «Дон-1500» коштував господарству 100 т високоякісної пшениці, трактор МТЗ-80 – 25 т, а в 1999 р. – відповідно 650 і 110 т. Вартість закордонної техніки при цьому в 2...3 рази вища, ніж вітчизняної або виробництва країн СНД.

Тому МТС у цей час покликані акумулювати складну сучасну сільськогосподарську техніку, технологічне устаткування для обслуговування й

ремонту МТП. І на базі цього устаткування виконувати технічне й технологічне обслуговування сільськогосподарських товаровиробників з використанням сучасних технологій. Тобто за допомогою МТС можна вирішувати два завдання. По-перше, впроваджувати сучасні технології оброблення й збирання сільськогосподарських культур, застосовувати сучасні технології з діагностики, обслуговування й ремонту. Споживачами таких послуг є сильні господарства, які прагнуть підвищити ефективність свого виробництва, мають кадровий потенціал і виробничі потужності для перероблення продукції. По-друге, надавати допомогу слабким господарствам, неспроможним самостійно виконати весь комплекс робіт з оброблення землі, збирання врожаю, відновлення й модернізації сільськогосподарської техніки. Тобто не можуть виконати рядових робіт на підрядній основі для господарств, які не мають укомплектованого МТП або кадрів механізаторів.

Найголовніше завдання для сучасних МТС – освоїти найбільш продуктивні й передові технології в АПК України, для чого потрібні дорога сільськогосподарська техніка, підготовлені фахівці та матеріально-технічна база. Останніми роками в розвинутих країнах внаслідок впровадження сучасних технологій у 2...3 рази збільшилася врожайність сільськогосподарських культур.

Реорганізація технічного сервісу АПК України – одне з найважливіших завдань на найближчу перспективу як для законодавців, промислових підприємств, так і споживачів сільськогосподарської техніки. Реорганізована ремонтно-обслуговувальна база в умовах ринкової економіки повинна спиратися на різноманіття форм, світовий досвід, а також враховувати промисловий потенціал України. Забезпечення якості й зниження ціни на технічний сервіс забезпечується тільки у випадку конкуренції. Важливою умовою успішної діяльності сервісних підприємств в умовах ринку є освоєння нових видів послуг і робіт.

Прийняття законодавчих норм з обов'язкового забезпечення ТО й ремонту змусить підприємства-виробників розвивати власну дилерську мережу. Цінове регулювання імпорту закордонної техніки з урахуванням забезпечення технічного сервісу також змусить розміщувати в Україні виробництво сільськогосподарської техніки або сервісних підприємств. Пільгове фінансування МТС у процесі їхнього створення, податкові пільги під час роботи забезпечать розвиток мережі цих організацій.

Аналіз існуючих вітчизняних і закордонних форм організації легалізованих підприємств технічного сервісу показує, що найактуальнішим у цей час є виконання таких робіт: прокат сільськогосподарської техніки, виконання механізованих робіт, ремонт і ТО машин, продаж запасних частин і матеріалів, виготовлення нестандартного устаткування, продаж відновленої техніки.

Підприємства-виробники сільськогосподарської продукції у своїй більшості не в змозі, та це й економічно недоцільно, мати повний склад МТП для виконання всього обсягу й усіх видів робіт у господарстві. Експлуатаційні витрати по господарству можуть знижуватися, якщо окремі види робіт, особливо енергоємних, виконуватиме спеціалізоване підприємство. Економічно доцільно підприємству спеціалізуватися на окремих технологічних операціях. У таких спеціалізованих підприємствах, насамперед, зацікавлені малі фермерські підприємства, які просто неспроможні придбати всього комплексу необхідної сільськогосподарської техніки.

Природно, що організація таких підприємств не вирішить усіх проблем, які постають перед виробниками сільськогосподарської продукції, але на цьому етапі істотно підвищиться ефективність використання техніки.

1.7. Система обслуговування в умовах машинно-тракторних станцій

Необхідність створення системи сервісного обслуговування на базі МТС пояснюється тим, що інженерне забезпечення АПК не відповідає потребам і перебуває у важкому стані. Тракторний парк становить 64 % від наявного в 1990 р., зернозбиральних і кормозбиральних комбайнів – 32 % і т.д. У зв'язку з катастрофічним падінням постачання техніки, відсутності засобів у сільських товаровиробників різко збільшилося навантаження на машини. Наприклад, на один трактор у нас навантаження в середньому в 4 рази більше, ніж у США, в 15 разів – ніж у Німеччині. Існуюча сервісна база не може забезпечити працездатного стану всієї сільськогосподарської техніки. На цьому негативно позначається диспропорція в зростанні цін на сільськогосподарську й машинобудівну продукцію. Немає реальних джерел фінансування господарств для забезпечення сучасними засобами механізації АПК.

Слід зазначити, що різке збільшення випуску нових машин для АПК у найближчі роки навряд чи реальне. Організація мережі пунктів тільки продажу машин не дає значних позитивних результатів у зв'язку з малою надійністю, оскільки немає бази з підтримки й забезпечення працездатності техніки.

В умовах переходу АПК України до ринкової економіки, на основі власності на землю, при найгострішому дефіциті сільськогосподарської техніки, старінні, зниженні показників надійності першорядного значення набуває інтенсивна експлуатація МТП, оснащеного сучасною технікою. Це може бути здійснено спеціалізованими підприємствами – МТС, що забезпечують багатофункціональне інженерне й сервісне обслуговування, надаючи різні послуги виробникам сільськогосподарської продукції.

В умовах, коли держава не в змозі надати фінансову підтримку всьому АПК на рівні високорозвинутих країн, однією з умов стабілізації рівня механізації, а потім і зростання машинного виробництва продовольства є концентрація зусиль і формування ефективного функціонування мережі підприємств щодо інженерного забезпечення АПК. Впровадження такої мережі дасть можливість інтенсифікувати виробництво товарної сільськогосподарської продукції, а також її перероблення. Підтримка державою при цьому потребує в десятки разів менше засобів.

Додатковим, досить важливим фактором, що різко збільшує актуальність організації технічного обслуговування, стала реформа АПК, внаслідок якої утворилася велика кількість виробників сільськогосподарської продукції з різною формою власності, інженерне забезпечення яких бажає кращого, а отже, вони практично не функціонують в умовах сучасного аграрного виробництва.

Організація технічного сервісу на базі МТС сприяє вирішенню двох основних завдань. З одного боку, забезпечує сільгоспвиробників численними послугами з механізації виробництва, а також підтримує відновлення працездатного стану техніки. З іншого боку, освоює прогресивні технології оброблення й перероблення сільськогосподарських культур, а також ТО й ремонту. Перше завдання вирішується шляхом виконання МТС робіт з набагато більшою продуктивністю і меншою вартістю робіт внаслідок застосування високопродуктивного устаткування й техніки, яких немає в невеликих господарствах, професіоналізму менеджерів, інженерно-технічних працівників і механізаторів, кращої організації праці під час виконання певних робіт. Друге завдання вирішується застосуванням апробованих про-

гресивних технологій і техніки, які МТС може освоїти оперативніше, ніж товаровиробник. Для цього потрібно в МТС сформувати гарну технологічну базу сільськогосподарської техніки й обладнання для ТС, розробити й застосувати сучасні технології виробництва сільськогосподарської продукції по контрактах із споживачами, а також забезпечити необхідними засобами інтенсифікації – високоякісним насінням, добривами, пестицидами тощо.

Порівняно з товаровиробниками, МТС мають вищу технічну готовність МТП, кращу організацію виконання механізованих робіт, що дає змогу використовувати техніку і мати найкращі умови для прискореного повного впровадження новітніх технологій, а також організаційних прийомів зниження експлуатаційних витрат на утримання техніки та собівартості робіт.

З урахуванням цього в основні технологічні функції МТС як бази технічного сервісу мають входити:

- виконання механізованих робіт (підряд);
- надання техніки в тимчасове користування (оренда, прокат);
- технічна експлуатація машин та устаткування (ТО, ремонт, зберігання);
- організація матеріально-технічного постачання;
- виконання замовлень на виготовлення виробів і ремонт деталей;
- вивчення поточної й перспективної потреби й попиту сільських товаровиробників на техніку, виконання механізованих робіт, організацію технічного обслуговування машин та інші послуги;
- організація збирання й узагальнення замовлень з відповідним оформленням заявок;
- перероблення сільськогосподарської продукції;
- виготовлення різних виробів, будівельні й монтажні роботи;
- транспортування, підбирання, монтаж, дозбирання, налагодження машин та устаткування;
- збирання, транспортування, ремонт сільськогосподарської техніки для вторинного ринку;
- ремонтування агрегатів і вузлів, відновлення деталей;
- проведення консультацій і навчання сільгоспвиробників.

Структура й оснащеність МТС визначаються її призначенням для забезпечення багатофункціонального сервісу, а також видами послуг, що надаються для сільськогосподарських виробників. Як основний критерій оптимізації структури, характеру, обсягу робіт МТС використовується мак-

симум прибутку, або рентабельності. З урахуванням цього, основними виробничими підрозділами МТС є:

- механізовані спеціалізовані бригади (загони) і/або тимчасові формування для виконання підрядних механізованих робіт;
- пункт оренди сільськогосподарської техніки;
- бригада з обслуговування тваринницького устаткування;
- цех з перероблення сільськогосподарської продукції;
- ремонтно-обслуговувальний підрозділ з майстернею, машинним двором, нафтосковищем із заправною станцією, з відділенням зберігання запасних частин і матеріалів;
- пересувні спеціалізовані бригади (загони) для поточного ремонту, технічного обслуговування, діагностування, дозаправлення;
- автотранспортний підрозділ з гаражем, відкритою й закритою стоянками для обслуговування й ремонту рухомого складу.

У МТС можуть передбачатися й допоміжні виробничі підрозділи:

- диспетчерсько-інформаційна служба;
- навчальні класи для навчання й перепідготовки фахівців;
- маркетинг-консультаційний пункт з видів діяльності.

Таку структуру орієнтовано на розвинуту МТС. На практиці вона формується за результатами маркетингової діяльності, залежно від замовлень і очікуваних послуг. Кожна структурна ділянка повинна бути оснащена технічними засобами, нормативно-технічною документацією й забезпечена висококваліфікованими фахівцями.

Технічні засоби в основному поділяються на:

- МТП для провадження робіт у рослинництві;
- засоби для ТО, ремонту й зберігання машин, а також устаткування та апаратури;
- транспортні засоби для перевезення вантажів;
- устаткування для перероблення сільськогосподарської продукції;
- засоби зв'язку, інформаційного обслуговування, комунікації, диспетчеризації й маркетинг-консультаційної роботи.

Засоби для ТО й ремонту за своїм функціональним призначенням поділяються на такі види:

- очищення й миття для повнокомплектного ремонту машин, агрегатів, вузлів і деталей;
- технологічного діагностування для вимірювання контрольованих параметрів, що характеризують працездатність машини, агрегату, вузла, деталі для одержання об'єктивної інформації про їхній технічний стан;

- контрольно-вимірювальні й дефектаційні, які застосовують для вимірювання лінійних і кутових розмірів деталей при їхній дефектації, ремонті й збиранні;
- розбірно-складальні для базування й технологічних переміщень складових машини, агрегату й вузла; відновлення й механічного оброблення для ремонту поверхонь зношених деталей;
- змащувально-заправні для заправлення машин, агрегатів і вузлів трансмісійними, моторгідравлічними маслами, для вимірювання й обліку кількості виданого палива;
- підйомно-транспортне устаткування для забезпечення оптимальних вантажопотоків у виробничому корпусі й на території сервісного підприємства;
- енергетичне устаткування для постачання підприємства енергією й технологічними засобами.

В основу визначення чисельності працівників МТС покладено принцип обліку загального обсягу робіт, виражений у грошових одиницях або в одиницях праці з урахуванням виконуваних обсягів робіт.

До розміщення МТС пред'являється ряд вимог. До основних із них належать наявність достатньої кількості приміщень для розміщення й зберігання техніки, технологічних регулювань, ТО й ремонту машин, прокатних пунктів, а також для розміщення адміністративного персоналу. Для ефективної роботи сервісних служб необхідні невелика відстань до більшості товаровиробників, що обслуговуються, а також залізничної станції або автомобільної магістралі, близькість розміщення інших сервісних структур. Зазвичай, таких вимог дотримуються стосовно існуючих або тих, що існували до останнього часу, великих об'єктів технічного сервісу, розташованих у центрі району, центральних садиб колишніх великих сільгоспідприємств. З огляду на це, розміщення МТС варто передбачати на території одного з потенційних засновників.

1.8. Ринок відновленої сільськогосподарської техніки

Аналіз витрат

Питомі зведені витрати з експлуатації й ремонту МТП. Для своєчасного відновлення сільськогосподарської техніки, визначення доцільності

її використання, заміни або ремонту, обґрунтування розмірів і складу підприємств ТС необхідно визначати її оптимальний термін служби. Оптимальний термін служби розраховують різними методами. Найбільш прийнятні методи, засновані на визначенні терміну експлуатації за мінімумом зведених витрат. Зведені витрати визначаються як сума первісних і додаткових витрат, розраховуючи на одиницю виконаної роботи. Оптимальні терміни служби машин, протягом яких складаються мінімальні зведені витрати, розраховують з урахуванням фізичного зношування й витрат на підтримку машин у працездатному стані.

Питомі зведені витрати (B_{Π}) визначають за формулою

$$B_{\Pi} = H_{\text{ва}} + H_{\text{ТО}} + H_{\text{пр}} + H_{\text{кр}} + H_{\text{ПММ}} + H_{\text{ОП}} + H_{\text{н}} + E_{\text{н}} K_{\text{шт}}, \quad (1.2)$$

де $H_{\text{ва}}$ – норма власної амортизації; $H_{\text{ТО}}$ – річні витрати на ТО; $H_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт; $H_{\text{кр}}$ – річні витрати на капітальний ремонт; $H_{\text{ПММ}}$ – річні витрати на пальне й мастильні матеріали; $H_{\text{ОП}}$ – річні витрати на оплату праці; $H_{\text{н}}$ – інші невраховані річні витрати; $E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт капітальних вкладень; $K_{\text{шт}}$ – питомі капітальні витрати на одиницю роботи.

Вихідними даними розрахунку є технічні паспорти машин, матеріали з обліку наробітку й витрат на експлуатацію й підтримку техніки в працездатному стані.

Норма власної амортизації техніки ($H_{\text{ва},i}$) за роками

$$H_{\text{ва},i} = \frac{C_{\text{п}} + D - L}{\sum W_i}, \quad (1.3)$$

де $C_{\text{п}}$ – початкова вартість машини; D – додаткові витрати на доставку, збирання, обкатування й т.д.; L – ліквідаційна вартість машини; $\sum W_i$ – сумарний наробіток на i -тому році експлуатації машини, що може вимірюватися в роках, наробітком у мото-год. або у.о./га.

Величина $H_{\text{ва},i}$ змінна й для кожного наступного року зменшується, причому абсолютна величина зменшення з кожним роком також зменшується. Збільшення наробітку в перші роки експлуатації веде до значного зниження собівартості механізованих робіт внаслідок зменшення норм власне амортизації.

Річні зведені витрати на ТО визначаються найточніше за даними бухгалтерського обліку по кожній машині, за типовими нормами або усереднено за групами машин. Щорічні питомі витрати на технічне обслуговування $H_{ТОi}$ розраховують на одиницю наробітку:

$$H_{ТОi} = \frac{P_{ТОi}}{W_i}, \quad (1.4)$$

де $P_{ТОi}$ – річні витрати на ТО на машину; W_i – наробіток на i -тому році експлуатації машини.

Аналогічно визначають складові витрат на поточний і капітальний ремонт. Щорічні питомі витрати на поточний ремонт $H_{прi}$, розраховуючи на одиницю наробітку, становлять

$$H_{прi} = \frac{P_{прi}}{W_i}, \quad (1.5)$$

де $P_{прi}$ – сумарні витрати на поточний ремонт для машини на i -тому році експлуатації.

Щорічні питомі витрати на капітальний ремонт $H_{крi}$, розраховуючи на одиницю наробітку, становлять

$$H_{крi} = \frac{P_{крi}}{W_i}, \quad (1.6)$$

де $P_{крi}$ – сумарні витрати на поточний ремонт для машини на i -тому році експлуатації.

При розрахунку питомих витрат на ТО поточний і капітальний ремонт на одиницю наробітку, можна використати *середні питомі витрати* $H_{ТОсеред.i}$ під час експлуатації для певного типу машин. У цьому випадку розрахункові формули набувають вигляду

$$H_{ТОсеред.i} = \frac{\sum P_{ТОi}}{\sum W_i}; \quad (1.7)$$

$$H_{прсеред.i} = \frac{\sum P_{прi}}{\sum W_i}; \quad (1.8)$$

$$H_{\text{крсеред},i} = \frac{\sum P_{\text{кр}i}}{\sum W_i}, \quad (1.9)$$

де $\sum P_{\text{ТО}i}$, $\sum P_{\text{пр}i}$, $\sum P_{\text{кр}i}$ – сумарні витрати на ТО, поточний і капітальний ремонти відповідно на i -тому році експлуатації машини.

Питомі витрати на ТО й ремонт змінюються оберненопропорційно річному наробітку: чим новіша техніка, тим вищий річний наробіток і, отже, менші питомі витрати. При роздільному розрахунку показників питомих витрат на капітальний ремонт для нової техніки в перші три-чотири роки експлуатації, зазвичай, немає.

Під час ремонту машин необхідно забезпечувати відновлення витрат палива до рівня, передбаченого технічними умовами на відремонтовану техніку. Однак згодом через порушення регулювань, погіршення технічного стану витрати палива й мастильних матеріалів поступово збільшуються. Витрату ПММ визначають за даними обліку. Наведені витрати на пальне й мастильні матеріали визначають за формулою

$$H_{\text{ПММ},i} = \frac{P_{\text{ПММ},i}}{W_i}, \quad (1.10)$$

де $P_{\text{ПММ},i}$ – сумарні витрати на пальне й мастильні матеріали для машини на i -тому році експлуатації.

Питомі витрати на оплату праці на одиницю виконаної роботи ($H_{\text{оп}i}$)

$$H_{\text{оп}i} = \frac{ОП_i}{t_{\text{зм}i} \cdot W_{\text{год},i}}, \quad (1.11)$$

де $ОП_i$ – оплата праці за одну зміну; $t_{\text{зм}i}$ – тривалість зміни; $W_{\text{год},i}$ – напрацювання машини за одну годину роботи.

З використанням годинних тарифів формулу (1.11) представимо у вигляді

$$H_{\text{оп}i} = \frac{C_{\text{мін}i} \cdot k_{\text{р}i}}{W_{\text{год},i}}, \quad (1.12)$$

де $k_{\text{р}i}$ – коефіцієнт розрядності працівника; $C_{\text{мін}i}$ – собівартість мінімальна.

Питомі витрати на оплату праці мало змінюються залежно від віку машини, трактора, більше вони залежать від щорічно встановленого рівня мінімальної заробітної плати або годинних ставок у країні, умов роботи, кваліфікації механізатора, рівня цін та ін.

Розрахунок питомих витрат на додаткові витрати, в які включаються всі витрати, які не ввійшли до перерахованих вище складових, віднесені до річного наробітку.

Питомі капітальні вкладення $K_{\text{питі}}$ визначають за балансовою C_{6i} вартістю, віднесеною до річного наробітку

$$K_{\text{питі}} = \frac{C_{6i}}{W_i}. \quad (1.13)$$

На підставі розрахунків за вищенаведеними формулами визначають щорічні зведені витрати на виконання робіт, а також характер їхньої зміни, що є підставою для ухвалення рішення щодо ефективності використання машини.

Оптимальні терміни служби машин

Оптимальний термін служби сільськогосподарської машини характеризується мінімальними зведеними витратами на одиницю механізованих робіт, які виконуються за термін експлуатації. Залежності зведених витрат представимо лінійними функціями, які містять складові, незалежні від часу експлуатації, й складові, лінійно залежні від часу. Затрати на додаткові витрати й питомі капітальні вкладення приймаємо постійними, тому в розрахунках зведені витрати не враховуємо. З урахуванням цього представимо функцію (1.2) у вигляді залежності зведених витрат B_3 від часу експлуатації машини (T):

$$B_3(T) = \frac{A}{T} + \sum_{i=1}^5 (b_i + k_i \cdot T), \quad (1.14)$$

де позначено $A = C_{\text{П}} + D - Л$; $H_{\text{ТО}i} = b_1 + k_1 T$; $H_{\text{ПР}i} = b_2 + k_2 T$,
 $H_{\text{КР}i} = b_3 + k_3 T$; $H_{\text{ПММ}i} = b_4 + k_4 T$; $H_{\text{ОП}i} = b_5 + k_5 T$.

Коефіцієнт k_i відповідає швидкості зміни зведених витрат, має розмірність грн./га² або грн./мото-год. і визначається за формулою

$$k_i = \frac{\Delta H_i}{W_i}, \quad (1.15)$$

де ΔH_i – зміна відповідних наведених витрат за рік у грн./га або грн./мото-год.

Досліджуємо функцію (1.14) на мінімум, для чого продиференціюємо її й прирівнюємо до нуля отримане значення: $\frac{d\Pi_3(T)}{dT} = 0$. Визначивши з цієї рівності час, одержимо економічно ефективний термін служби машини T_e , при якому складаються мінімально можливі наведені витрати й витрати експлуатації. З урахуванням прийнятих лінійних функцій зведених витрат у результаті обчислень одержимо ефективний термін служби машини:

$$T_e = \sqrt{A / \sum_{i=1}^5 k_i}. \quad (1.16)$$

Слід зазначити, що оптимальний термін служби машини залежить не від фактичних витрат, які входять до зведених витрат, а залежать тільки від темпів їхньої зміни. Регулювання темпів збільшення зведених витрат дає змогу й регулювати й ефективний термін служби. Тому отримані розрахункові залежності можна використовувати й для планування річного завантаження парку машин.

Виробіток машиною оптимального терміну служби не є підставою для її списання. Він тільки показує, що для експлуатації машини при виконанні того самого обсягу робіт витрати будуть вищі, машина починає більше споживати під час експлуатації, тому необхідно приймати рішення щодо доцільності її використання, заміни або ремонту.

Іншим методом визначення оптимальних термінів служби є порівняльний аналіз питомих витрат і доходів на одиницю виконаної роботи.

Наведені витрати, так само як і питомі витрати на додаткові витрати, багато в чому визначаються способом оплати придбанної техніки, її обслуговування й ремонту. Розглянемо основні варіанти оплат споживачем цих витрат.

1. Споживач здобуває техніку, оплачує її технічне обслуговування й ремонт самостійно.

2. Споживач здобуває техніку в кредит на 5 років і бере щорічний кредит на проведення ТО й ремонту.

3. Споживач продовжує експлуатувати техніку протягом 5, 10 і 15 років за системою планово-попереджувальних ремонтів до її віку 20 років. При цьому гроші беруть щорічно в кредит на проведення технічного обслуговування й ремонту доти, поки не буде отримано достатнього доходу, щоб не брати кредит. Капітальний ремонт не кредитується.

4. Споживач продовжує експлуатувати техніку протягом 5, 10 і 15 років за системою планово-попереджувальних ремонтів до її віку 20 років. Гроші беруть у кредит тільки на капітальний ремонт.

Слід зазначити, що в основу планово-попереджувальної системи ТО й ремонту було закладено норми витрат при максимальному терміні експлуатації 10 років. За цей період витрати на ТО й ремонт перевищують у 2...2,5 рази вартість нової машини, що свідчить про низький рівень надійності цієї техніки. І у відносних показниках стосовно вартості техніки рівні витрат на ТО й ремонт значно менші. Однак абсолютні значення витрат на ці роботи значно вищі.

Закордонна техніка, що перевершує вітчизняну за основними технічними показниками, має й вищу початкову вартість, що збільшує вартість її експлуатації, ТО й ремонтів. Наприклад, вартість усунення відмови двигуна, що пов'язане із заміною поршня й гільзи в двигуні комбайна «Джон Дір», порівняне з вартістю нового двигуна СМД-62.

Зношування й залишкова вартість техніки

Машини, їхні вузли й деталі в процесі роботи втрачають свою споживчу вартість і знецінюються. Знецінювання, що відбувається у зв'язку зі зношуванням, зменшує первісну вартість до залишкової, яка характеризує дійсну вартість машини. Це знецінювання порівнюють із найбільш істотним параметром, що характеризує виріб. Для різних виробів цей параметр має відбивати зміну ресурсу й витрат на підтримку їхнього працездатного стану. Залишкова вартість оцінюється за рівнем залишкового ресурсу й зміною витрат на експлуатацію й ремонт.

Оцінювання *зношування й залишкової вартості* сільськогосподарської техніки має важливе значення для формування «вторинного» ринку відновленої техніки, оскільки визначає взаємовигідні відносини між продавцем і покупцем. Від реальних термінів служби відновленої техніки залежать витрати на її ТО й ремонт, собівартість одержуваної продукції, величина поставок запасних частин і матеріалів, а також структура й склад підприємств ТС.

Існують різні методи визначення зношування й залишкової вартості сільськогосподарської техніки залежно від терміну її експлуатації. Найпростіший з них – зіставлення повного амортизаційного терміну служби з терміном служби на момент оцінювання зношування або обсягу робіт за амортизаційний строк з обсягом робіт, виконаним на момент оцінювання. Зношування у відсотковому вираженні за нормами амортизації

$$3\% = \frac{t}{T} \cdot 100\% \quad \text{або} \quad 3\% = \frac{\sum W_t}{\sum W_T} \cdot 100\%, \quad (1.17)$$

де $t, \sum W_t$ – відпрацьована частина терміну служби або наробіток на момент оцінки, $T, \sum W_T$ – амортизаційний термін служби або наробіток за строк амортизації.

Відповідності до певного зношування залишкова вартість машини B_3 :

$$B_3 = \frac{B_n \cdot (100 - 3\%)}{100} + C_n, \quad (1.18)$$

де B_n – первісна вартість нової або відновленої машини; C_n – вартість лому, що дорівнює масі машини.

Залежність зношування від терміну експлуатації за формулою (1.17) представлено на рис. 1.1, де її зображено прямою лінією. Одним з основних недоліків цього пропорційного методу оцінювання зношування є те, що він не враховує величини вкладених коштів, а також майбутніх витрат на підтримку працездатного стану машини. Тобто не враховується технічний стан машини, який більше пов'язаний з рівнем її експлуатації й ремонту. При використанні методу економічного оцінювання зношування проф. Петухова Р.М. враховує не тільки зношування машини, а й додаткові вкладення, пов'язані з підтримкою її працездатного стану під час капітального ремонту:

$$3\% = \frac{B_n \frac{t}{T} + \sum P \frac{l}{L}}{B_n + \sum P} \cdot 100\%, \quad (1.19)$$

де $\sum P$ – сумарні витрати на ремонт; l – термін служби машини після ремонту; L – гарантійний термін служби після капітального ремонту.

Штриховою лінією на рис. 1.1 показано залежності зношування, обчислені за формулою (1.19) з урахуванням витрат на підтримку працездатності.

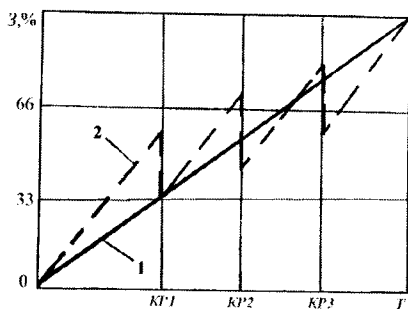


Рис. 1.1. Залежність зношування машини від терміну служби:
 1 – за нормами амортизації без урахування витрат на відновлення під час капітального ремонту; 2 – з урахуванням витрат на відновлення

З аналізу залежності (1.17) випливає, що зношування, яке обчислюється пропорційним методом, змінюється рівномірно поза залежністю від проведених ремонтів і пов'язаних з ними витрат. Це не відповідає дійсному технічному стану ремонтпридатних машин. При використанні другого методу зношування змінюється стрибкоподібно. Його зміни відповідають часу проведення капітальних ремонтів. Однак обидва методи неточні: перший не враховує зміни вартості й зношування у зв'язку з проведеними ремонтами, а другий враховує ці зміни, але дає в результаті оцінку зношування таку саму, як і за першим методом. Крім того, швидкість зношування, розрахованого за другим методом, виходить вищою, що суперечить фізичному змісту відновлення машини.

Під час експлуатації машини їхні первісні параметри не залишаються постійними, знижується продуктивність, надійність, зростають зведені витрати. Машина поступово зношується, що виражається у втраті її споживчих якостей. Чим більше зношування машини, тим вищі наведені витрати на одиницю виробленої продукції, а отже, нижча її вартість. Тому при оцінюванні зношування й залишкової вартості необхідно насамперед враховувати наведені витрати на одиницю виконаної роботи, оскільки цим показником визначається споживча цінність машини. З достатньою для практи-

чних цілей точністю величину зношування й залишкову вартість можна визначати за двома показниками: перший, з них характеризує зміну ресурсу, а другий, – зміну витрат виробництва, пов'язаних з реалізацією одиниці ресурсу на різних стадіях використання машини.

З урахуванням цього, економічну оцінку зношування машини під час напруження t виконують за формулою

$$3\% = \frac{H_{\text{ва}} \cdot t + \Delta C_{\text{а}}}{C_{\text{п}}} \cdot 100\%, \quad (1.20)$$

де $H_{\text{ва}}$ – норма власне амортизації; $\Delta C_{\text{а}}$ – величина корекції амортизації за період t , що враховує різницю експлуатаційних витрат.

Залишкова вартість машини в цьому випадку

$$C_3 = C_{\text{п}} \cdot \left(1 - \frac{3\%}{100}\right). \quad (1.21)$$

З урахуванням залежності (1.15) зі зведеними витратами, описаними лінійними функціями, формулу (1.20) для зношування можна представити у вигляді

$$3\% = \frac{C_{\text{п}} \frac{t}{T} + t \left(1 - \frac{t}{T}\right) \frac{k_i - k_{i-1}}{2}}{C_{\text{п}}} \cdot 100\%, \quad (1.22)$$

де k_i, k_{i-1} – швидкості зміни наведених витрат за період $\Delta t = t_i - t_{i-1}$.

На рис. 1.2 показано залежність зношування трактора від терміну служби, яку визначено за залежністю (1.22) з урахуванням зміни зведених витрат у період експлуатації.

З аналізу залежності (1.22) і рис.1.2 випливає, що максимальне зношування й падіння залишкової вартості відбувається в перші три роки роботи машини. Починаючи з 6 – 7 років експлуатації, показники зношування й залишкової вартості стабілізуються внаслідок ТО й ремонтів.

Середню залишкову вартість машини в непрацездатному стані, без врахування вартості відсутніх деталей і заміненних вузлів визначають за формулою

$$B_3 = B_{\Pi} k_{\text{оп}} (0,3 \dots 0,35) + B_{\Pi} k_{\text{ов}} (0,4 \dots 0,45) + B_{\text{м}} m (0,25 \dots 0,3), \quad (1.23)$$

де $k_{\text{оп}}$ – коефіцієнт оплати за придатні деталі, які можна реалізувати як запасні частини, $k_{\text{оп}} \approx 0,35 \dots 0,45$; $k_{\text{ов}}$ – коефіцієнт оплати за деталі, які підлягають відновленню, $k_{\text{ов}} \approx 0,1 \dots 0,15$, m – маса машини, $B_{\text{м}}$ – вартість металобрухту.

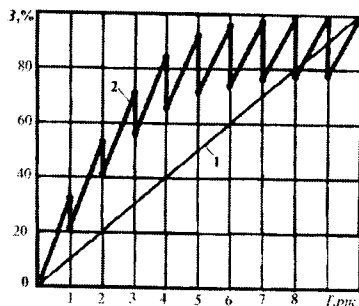


Рис. 1.2. Залежність зношування машини від терміну служби:
1 – за нормами амортизації без обліку зміни зведених витрат;
2 – з урахуванням зміни зведених витрат

З урахуванням наведених коефіцієнтів, орієнтовно залишкову вартість машини за формулою (1.23) одержимо у вигляді

$$B_3 = B_{\Pi} (0,15 \dots 0,23) + B_{\text{м}} m (0,25 \dots 0,3). \quad (1.24)$$

Скорегована вартість відсутніх деталей на машині

$$B_{\text{вд}} = B_{\text{нд}} \cdot k_{\text{квд}}, \quad (1.25)$$

де $B_{\text{нд}}$ – вартість нових деталей, які відсутні; $k_{\text{квд}}$ – коригувальний коефіцієнт на відсутні деталі, що визначається за формулою

$$k_{\text{квд}} = \frac{B_{\text{пд}} + B_{\text{вд}} + B_{\text{уд}}}{B_{\Pi}}, \quad (1.26)$$

де $B_{нд}$ – вартість придатних деталей; $B_{вд}$ – вартість деталей, які підлягають відновленню; $B_{уд}$ – вартість утилізованих деталей; $B_{ц}$ – початкова вартість.

Скоригована вартість заміненних вузлів і деталей у міжремонтний період ($B_{зд}$):

$$B_{зд} = \left[B_{нд} \cdot \left(1 - \frac{t}{T_d} \right) + B_{звд} \right] \cdot k_{кзд}, \quad (1.27)$$

де $B_{нд}$ – вартість нової деталі; t – наробіток деталі з моменту установки в машину; T_d – термін служби деталі; $B_{звд}$ – залишкова вартість деталі; $k_{кзд}$ – коригувальний коефіцієнт на замінені деталі.

Залишкову вартість і коригувальний коефіцієнт для заміненних вузлів і деталей можна визначати як для машини в цілому за формулами (1.25) і (1.26).

Аналіз наведених витрат і залишкової вартості сільськогосподарської техніки показує, що при дотриманні вимог експлуатації й ремонту, після відпрацювання нормативного терміну експлуатації, показники річного, змінного виробітку й витрат на технічне обслуговування не дуже відрізняються від аналогічних показників при наробітку до нормативного терміну. Достатню реальну зміну залишкової вартості вживаних тракторів у США було проаналізовано на основі їхньої ринкової вартості. У табл. 1.3 наведено відсоток вартості тракторів, які були в користуванні, відносно вартості нових.

Таблиця 1.3

**Вартість тракторів вторинного ринку
в залежності від терміну їх експлуатації**

Роки експлуатації	1	2	3	4	5	6
Відносна вартість, %	85	75	65	60	50	45

При більших термінах експлуатації ціна на техніку, яка була в користуванні, перебуває в межах 40...55 % вартості нової. Аналізувати ці показники складно, оскільки дуже поширено продаж на умовах, коли нову техніку продають зі знижкою після її використання. Якщо взяти структуру реалізації середнього дилерського пункту, то в загальному обсязі реалізації нова техніка становить 46 % із прибутком 8 %, відновлена техніка – 22 % із

прибутком 4 %, запасні частини – 21 % із прибутком 31 %. Інші види послуг становлять усього 12 %, але при цьому мають значно вищу рентабельність: оплата праці не менша ніж 40 %, а надання техніки в оренду – не менше ніж 50 %.

Розрахунок вартості відремонтованої машини

Одним з головних напрямів робіт сервісного підприємства є відновлення працездатного стану сільськогосподарської техніки для її власників або з метою продажу на вторинному ринку. Для ефективної роботи підприємства в цьому напрямі необхідно встановити економічно обґрунтовану ціну виконуваних робіт, а з урахуванням ринкових відносин така ціна повинна бути конкурентоспроможною порівняно з ціною аналогічних підприємств.

Попередньо визначається вартість ремонтного фонду, тобто техніки, що відпрацювала частину ресурсу, або техніки, що відпрацювала його повністю. Найпростіший спосіб оцінювання вартості ремонтного фонду, за умови, якщо його ціна приймається рівною залишковій вартості за балансом. Єдиної думки з цього питання немає. Наприклад, якщо строк амортизації машини становить 10 років, то щороку на вироблену продукцію необхідно нараховувати 10 % від її початкової вартості, а з її балансової вартості 10 % відраховувати. За термін служби уся вартість машини повернеться її покупцеві через вироблену продукцію й відповідно буде зменшено прибуток за рахунок амортизації. Після повної амортизації балансова вартість машини дорівнює нулю, однак її реальна вартість має конкретне значення, принаймні не меншу за вартість металу, з якого її зроблено.

Інший варіант розрахунку ціни ремонтного фонду $C_{р.ф}$ виконується з урахуванням середньої величини залишкової вартості деталей, придатних без ремонту, придатних до відновлення, а також вартості відсутніх деталей і заміненних у міжремонтний період:

$$C_{р.ф} = C_{б.зал} + C_{д.зал} + C_{з.д} - C_{о.д}, \quad (1.28)$$

де $C_{б.зал}$ – балансова залишкова вартість; $C_{д.зал}$ – залишкова вартість деталей машини; $C_{з.д}$ – скорегована вартість заміненних деталей у міжремонтний період; $C_{о.д}$ – скорегована вартість відсутніх деталей.

Відпускну ціну за відремонтовану машину можна визначити за залежністю

$$C_{p,m} = C_p + C_{p,f} + P_n, \quad (1.29)$$

де C_p – собівартість ремонту; P_n – прибуток підприємства.

Собівартість ремонту в умовах сервісного підприємства визначається за фактичними витратами:

$$C_p = B_{зпн} + B_{зч} + B_{рм} + B_{с.о} + B_c + H, \quad (1.30)$$

де $B_{зпн}$ – основна й додаткова заробітна плата з нарахуваннями; $B_{зч}$, $B_{рм}$ – вартість запасних частин і ремонтних матеріалів; $B_{с.о}$ – вартість послуг сторонніх організацій при ремонті; B_c – вартість різних видів енергії для виконання ремонту; H – накладні витрати.

Для попереднього оцінювання собівартості ремонту заробітна плата з нарахуваннями обчислюється за розрахунковими залежностями

$$Z = Z_0 + Z_n + Z_d, \quad (1.31)$$

де Z_0 – основна заробітна плата; Z_n – нарахування на заробітну плату; Z_d – додаткова заробітна плата.

Основна заробітна плата попередньо визначається як

$$Z_0 = T_p C_{г.серед} K_d, \quad (1.32)$$

де T_p – розрахункова трудомісткість робіт з ремонту машини, $C_{г.серед}$ – середня годинна тарифна ставка робітника; K_d – коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати за позаурочні й інші види робіт.

Під час розподілу робіт з ремонту за розрядами середня годинна тарифна ставка робітника на підприємстві становить

$$C_{г.серед} = \frac{\sum(K_i \cdot M_i)}{\sum M_i} \cdot C_{\min}, \quad (1.33)$$

де K_i – тарифні коефіцієнти годинних ставок робітників; M_i – кількість робітників, які одержують заробітну плату за цією тарифною ставкою; ΣM_i – сумарна кількість робітників усіх тарифних розрядів; C_{\min} – мінімальна годинна ставка на підприємстві, що встановлюється відповідно до трудового законодавства України.

Додаткова заробітна плата включає виплати за час, що не спрацьовувався на виробництві, але підлягає оплаті за чинним законодавством для виконання державних і суспільних зобов'язань, оплати чергових відпусток, оплати пільгових умов роботи, компенсації за невикористані відпустки й т.д.:

$$Z_{\text{д.н}} = Z_{\text{о.н}} \cdot \frac{\Sigma P}{100}, \quad (1.34)$$

де ΣP – сумарні витрати на ремонт.

Нарахування на основну $Z_{\text{о.н}}$ й додаткову $Z_{\text{д.н}}$ заробітну плату визначаються державними нормами у вигляді відрахувань до пенсійного фонду, соцстраху, до Фонду зайнятості:

$$H = (Z_{\text{о}} + Z_{\text{д}}) \cdot \Sigma K_{\text{н.з.}}, \quad (1.35)$$

де $\Sigma K_{\text{н.з.}}$ – сума коефіцієнтів нарахувань на зарплату в різні державні фонди.

У попередніх розрахунках складові витрат у собівартості ремонту можна знаходити за коефіцієнтами зведення до заробітної плати з нарахуваннями:

- вартість запасних частин

$$B_{\text{з.ч}} = B_{\text{з.п.н}} \cdot K_{\text{пр1}}; \quad (1.36)$$

- вартість ремонтних матеріалів

$$B_{\text{р.м}} = B_{\text{з.п.н}} \cdot K_{\text{пр2}}; \quad (1.37)$$

- вартість енергії

$$B_{\text{е}} = B_{\text{з.п.н}} \cdot K_{\text{пр3}}; \quad (1.38)$$

- вартість накладних та інших витрат

$$B_{co} + H = B_{\text{злн}} \cdot K_{\text{пр4}}. \quad (1.39)$$

Прибуток підприємства за формулою (1.29) визначають на підставі маркетингових досліджень, тобто виявлення виконавців аналогічних робіт, рівня їхніх цін і гарантійних зобов'язань, видів оплати, організації та якості виробництва, а також визначення чисельного складу замовників, очікуваного попиту на послуги, обсягів робіт певного виду.

Контрольні запитання

1. У чому відмінність капітального ремонту машини від поточного?
2. Чим відрізняється поточний ремонт від технічного обслуговування?
3. Якими заходами забезпечується технічний сервіс машин?
4. Які функції виконують підприємства технічного сервісу?
5. Які існують форми організації використання сільськогосподарської техніки за кордоном?
6. Які ви знаєте основні форми і види лізингу сільськогосподарської техніки?
7. Які показники застосовують для оцінювання ефективності використання техніки в АПК?
8. Від чого залежить оптимальний термін служби машини в АПК?
9. Як оцінюється зношування і визначається залишкова вартість сільськогосподарської техніки?

Розділ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

2.1. Терміни і показники теорії надійності

Теоретичною основою комплексу організаційних, технологічних і технічних заходів щодо забезпечення й підтримки працездатного стану техніки є **теорія надійності**. Завданням цієї теорії є вивчення критеріїв і кількісних характеристик надійності, шляхів їхнього підвищення, а також прогнозування працездатного стану машин залежно від надійності їхніх вузлів і деталей. Практичні рекомендації теорії надійності дають можливість удосконалювати конструкції машин, вузлів і деталей, технологію їхнього виробництва, а також обґрунтовувати наукові методи в технічній експлуатації, ТО й ремонті.

Надійність – це комплексна властивість технічного об'єкту зберігати свої параметри в межах, необхідних для виконання заданих функцій у заданих умовах. Підвищення надійності техніки має велике економічне значення. Оскільки витрати на ТО й ремонт машин порівняні між собою, а в деяких випадках і набагато перевищують їхню первісну вартість, то з рішенням проблем надійності заощаджуються великі кошти. У результаті знижуються матеріальні та енергетичні витрати на виробництво сільськогосподарської продукції.

У теорії надійності *об'єкти* як предмети певного цільового призначення розглядаються під час їхнього проектування, виготовлення, дослідження, випробування та експлуатації. Об'єктами надійності можуть бути вироби, машини та їхні системи, установки, пристрої, вузли, окремі деталі. Незважаючи на розмаїття об'єктів і умов їхньої роботи, терміни, показники надійності, методи їхнього розрахунку визначають за загальними законами.

Надійність – складне поняття, яке поєднує ряд властивостей об'єкта з якістю виконання ним певних функцій протягом певного часу.

Якість – це сукупність властивостей цільового призначення об'єкту, що зумовлюють його придатність під час реалізації за призначенням. Якість машини – комплексний показник, який оцінюється при одночасному розгляданні технічних, експлуатаційних, конструкторсько-техно-

логічних, художньо-естетичних та економічних показників. Якість, розгорнута в часі, називається надійністю.

Надійність – властивість об'єкту зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і сортування.

Показник надійності – кількісна характеристика однієї або декількох властивостей, що становлять надійність об'єкту.

Об'єкт може перебувати в стані справності, несправності, працездатності й непрацездатності.

Справність – стан об'єкту, при якому він відповідає усім вимогам, установленим нормативно-технічною й конструкторською документацією.

Несправність – стан об'єкту, при якому він не відповідає хоча б одній з вимог нормативної механізації й конструктивної документації.

Працездатність – стан об'єкту, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати функції, відповідають вимогам нормативно-технічної й конструктивної документації. Працездатність не стосується вимог, які не впливають на технічні показники машини. Наприклад, пошкодження фарби на автомобілі не впливає на його працездатність.

Непрацездатність – стан об'єкту, при якому значення хоча б одного заданого параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної документації.

Граничний стан – такий стан об'єкту, при якому його подальше застосування за призначенням неприпустиме чи недоцільне або відновлення його справного чи працездатного стану неможливе чи недоцільне. Ступінь втрати працездатності та її тривалість залежать від призначення й конструкції машини, якості її виготовлення, умов експлуатації, обслуговування й ремонту.

Надійність є доданком різних властивостей технічного об'єкту й зумовлюється: *безвідмовністю, довговічністю, ремонтпридатністю й збереженістю*. Надійність визначає досконалість конструкції й технології виготовлення, багато в чому залежить від умов експлуатації й ремонту.

Об'єкти, що розглядаються в теорії надійності, поділяють на відновлювані й невідновлювані.

Відновлювані об'єкти – ті, для яких відновлення працездатного стану в розглянутій ситуації передбачено нормативно-технічною й конструкторською документацією.

Невідновлювані об'єкти – ті, для яких відновлення працездатності не передбачено нормативно-технічною документацією.

Безвідмовність – властивість об'єкта безупинно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або деякого наробітку.

Довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування й ремонту.

Ремонтопридатність – властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до запобігання причин виникнення відмов, ушкодження працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування й ремонтів.

Збереженість – властивість об'єкта зберігати значення показників безвідмовності, довговічності й ремонтпридатності протягом зберігання та (або) транспортування й після них.

У різних конкретних випадках та або інша з властивостей визначає властивість надійності об'єкта більше, але жодна з них не визначає надійності повністю. Надійність виробу визначається його безвідмовністю й довговічністю. Першу з них розглядають як самостійну й безперервну роботу виробу без будь-яких втручань для підтримки працездатності.

Відмова – подія, що полягає в порушенні працездатного стану об'єкта і є одним з основних понять теорії надійності. Характеристики й види відмов істотно впливають на безвідмовність об'єкта. Класифікація відмов здійснюється за багатьма ознаками.

Відмови бувають *функціональними*, якщо припиняється виконання функцій об'єктом або його елементом, і *параметричними*, за яких деякі параметри виконання заданих функцій не відповідають установленим або змінюються в недопустимих межах.

Незалежна відмова не зумовлена відмовою іншого об'єкта. *Залежна* – зумовлена відмовою іншого об'єкта.

За причинами виникнення бувають випадкові й систематичні відмови машин. *Випадкові причини відмов* пов'язані з непередбаченими перевантаженнями, дефектами матеріалів, похибками виготовлення, помилками персоналу, а *систематичні* – із закономірними явищами: впливом середовища, навантаженнями, зношуванням і т.д.

Джерела виникнення відмов розподіляють на конструкційні, технологічні й експлуатаційні. *Конструкційні відмови* виникають унаслідок помилок проектувальника або конструктора – не забезпечені міцність і твердість основних елементів, не захищені від впливу абразивів, вологи, тем-

ператури відповідальні частини об'єкта тощо. При цьому недосконалість конструкції характерна для всіх об'єктів усієї серії машин, агрегатів, вузлів або деталей. *Технологічні* (або виробничі) *відмови* виникають внаслідок помилок технологів, недосконалості або порушення технологічного процесу виготовлення чи ремонту машин і їхніх складових елементів. Така недосконалість об'єктів характерна тільки для їхньої частини. *Експлуатаційні відмови* виникають через порушення правил експлуатації, ТО й ремонту або впливу непередбачених правилами експлуатації умов. Таким відмовам піддається тільки частина однойменних машин і їхніх складових частин.

За часом появи відмови бувають припрацьовані, нормальної експлуатації й зношувальні (рис. 2.1). *Припрацьовані зношування* виникають у перші години роботи об'єкта внаслідок розкиду можливих діапазонів геометричних параметрів деталей під час їх виготовлення й збирання, стабілізації структури поверхонь і геометрії під навантаженням і т.д.

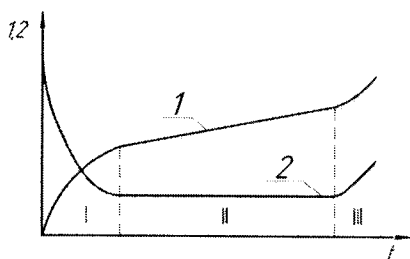


Рис. 2.1. Класифікація відмов залежно від часу їхньої появи:
 I – припрацьовані; II – нормальної експлуатації; III – зношувані.
 1 – кількість відмов; 2 – інтенсивність відмов

Відмови нормальної експлуатації в основному випадкові й проявляються внаслідок дії різкого підвищення навантажень або швидкостей, погіршенні властивостей матеріалів, непередбачених впливів навколишнього середовища й т.д. Крім того, під час проектування, виготовлення й експлуатації має місце розкид фізичних, механічних властивостей матеріалів, нестабільність і неідентичність технологічних процесів, а також мінливість зовнішніх впливів і навантажень. Передбачити всі види раптових відмов практично неможливо.

Зношувальні відмови відбуваються поступово, вони пов'язані й проявляються внаслідок незворотних фізичних, фізико-хімічних та інших проце-

сів, які трапляються з об'єктами та їхніми складовими частинами. Іноді такі відмови називають закономірними. Варто розрізняти *фізичне* і *моральне* старіння технічних об'єктів. Перше є причиною функціональних і параметричних відмов, а друге в основному призводить до параметричних відмов або істотно поступається за певними параметрами новим моделям аналогічних зразків.

Золотим правилом надійності є забезпечення таких умов для машини, за яких виникають тільки випадкові відмови, а за допомогою спеціальних заходів під час проектування, виробництва й експлуатації можна зменшити їхню кількість до мінімуму, полегшити виявлення й усунення їх.

Відмови за своєю фізичною природою пов'язані з *руйнуванням, зношуванням, корозією, втратою стійкості* тощо.

Багатовіковий досвід експлуатації, аналіз відмов показали, що основними критеріями працездатності машин і їхніх елементів є міцність, жорсткість, зносостійкість, вібростійкість і теплостійкість.

Міцність – властивість вузлів і деталей у певних умовах і межах не руйнуватися під дією навантажень. Міцність є головним критерієм працездатності для більшості деталей і вузлів машин.

Причинами порушення міцності можуть бути:

- статичні поломки й руйнування поверхні під дією максимальних чи пікових навантажень або при випадкових перевантаженнях для тендітних матеріалів;
- пластичні деформації під дією максимальних чи пікових навантажень або при випадкових перевантаженнях для пластичних матеріалів;
- втомні поломки й руйнування поверхні під дією робочих навантажень для будь-якого матеріалу.

Розрізняють об'ємну й контактну міцність деталей машин. Завдання забезпечення необхідної міцності – визначити такі розміри деталей, за яких не виникнуть ці руйнування при дії робочих навантажень, або за заданими розмірами визначити робочі навантаження.

Жорсткість – здатність системи до опору зовнішнім навантаженням із найменшими деформаціями. Для машини – це здатність системи опиратися дії зовнішніх навантажень із деформаціями, допустимими без порушення працездатності системи; це є одним з найважливіших критеріїв працездатності машини та її деталей. Жорсткість, іноді й більше за міцність, визначає також працездатність конструкції. Підвищені деформації можуть порушити нормальну роботу конструкції задовго до виникнення небезпечних для міцності напруг.

Зносостійкість – найважливіший критерій працездатності тертьових деталей машин. До 90 % деталей рухомих з'єднань сільськогосподарських машин виходять із ладу через зношування. Внаслідок зношування знижуються коефіцієнт корисної дії, точність з'єднань, надійність, довговічність та економічність машин. Зношування деталей значно підвищує вартість експлуатації машин у зв'язку з необхідністю періодичної перевірки їхнього стану, ТО й ремонту, що призводить до простоїв і знижує продуктивність машин. Найбільша кількість відмов виникає в сільськогосподарській техніці, робота якої пов'язана з контактом із навколишнім середовищем.

Існують різні види зношування: *утомне, абразивне, адгезійно-механічне, ерозійне, корозійно-механічне* та ін. Інтенсивність зношування деталей машин залежить від форми, розмірів, фізико-хімічних властивостей, умов навантажування й теплового режиму роботи контактуючих поверхонь, а також фізико-хімічних властивостей мастильного матеріалу.

Усі процеси, що впливають на працездатність, розділяють на три категорії.

Швидкоплинні процеси – характеризуються більшими швидкостями, періодичністю зміни параметрів, які оцінюються в частки секунди. До таких процесів належать вібрації елементів, які спричинюються механічними коливаннями, резонансними явищами, пульсаціями тиску. Ці процеси в основному впливають на герметичність і взаємне розташування елементів. Вони є причинами раптових функціональних і параметричних відмов.

Процеси середньої швидкості – протікають під час робочого циклу машини з тривалістю, що вимірюється хвилинами й годинами. До таких процесів належить зміна температури робочого середовища, вологості, властивостей матеріалів та ін. Такі процеси призводять до поступових змін характеристик об'єкта.

Повільноплинні процеси – діють під час усього періоду експлуатації. До них належать зношування контактуючих поверхонь, утомні руйнування, корозія та ін. Ці процеси є причиною експлуатаційних відмов.

2.2. Безвідмовність

Кількісні характеристики безвідмовності визначаються напрацюванням на відмову, а також різними ймовірнісними характеристиками. **Напрацювання** – це тривалість або обсяг роботи об'єкта. Для невідновлю-

ваних об'єктів відновлення їхньої працездатності нормативно-технічною документацією не передбачене. Тому для таких об'єктів характеристика безвідмовності є критерієм надійності. Напрацювання на відмову або час безвідмовної роботи є вихідною величиною при визначенні параметрів безвідмовності.

Ймовірністю безвідмовної роботи називається вірогідність того, що в межах заданого наробітку відмова не відбудеться, і записується у вигляді

$$P(t) = \text{Віп}(T > t), \quad (2.1)$$

де T – час від початку експлуатації об'єкта до його відмови; t – заданий час роботи.

З рівняння (2.1) випливає, що ймовірність безвідмовної роботи має властивість $0 < P(t) < 1$, при цьому $P(0) = 1$ й $P(\infty) = 0$.

Характер зміни ймовірності безвідмовної роботи об'єкта залежить від його властивостей і законів розподілу відмов за часом. За результатами оброблення статистичних даних за відмовами, ймовірність безвідмовної роботи така:

$$P^*(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (2.2)$$

де N_0 – кількість об'єктів, підданих спостереженню; $n(t)$ – кількість об'єктів, які відмовили за час спостереження t .

При збільшенні кількості об'єктів $N_0 \rightarrow \infty$ статистична оцінка наближається до точного значення, тобто $P^*(t) \rightarrow P(t)$.

Відмова й безвідмовна робота є подіями протилежними, тому ймовірність відмови визначається рівнянням

$$Q(t) = 1 - P(t). \quad (2.3)$$

Ймовірність відмови є інтегральним законом розподілу часу роботи об'єкта до відмови:

$$Q(t) = F(t). \quad (2.4)$$

Диференціальним законом розподілу роботи до відмови є щільність розподілу відмов:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}. \quad (2.5)$$

На підставі залежностей (2.3) і (2.5) маємо зв'язок з імовірністю безвідмовної роботи:

$$f(t) = -\frac{dP(t)}{dt}. \quad (2.6)$$

За результатами оброблення статистичних даних за відмовами, щільність розподілу відмов

$$f^*(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t}, \quad (2.7)$$

де $n(\Delta t)$ – кількість об'єктів, що відмовили в інтервалі Δt часу.

Використовуючи цей вираз, визначають кількість об'єктів, що відмовили за певний інтервал часу.

Перетворимо залежність (2.5) до виду

$$Q(t) = \int_0^t f(t) dt, \quad (2.8)$$

а з урахуванням (2.3)

$$P(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt. \quad (2.9)$$

Інтенсивністю відмов називають відношення кількості відмов, що відбуваються за одиницю часу, до числа об'єктів, які залишилися справними до кінця розглянутого проміжку часу.

Статистичну оцінку інтенсивності відмов $\lambda^*(t)$ визначають за формулою

$$\lambda^*(t) = \frac{n(\Delta t)}{N(t) \cdot \Delta t}, \quad (2.10)$$

де $n(\Delta t)$ – кількість об'єктів, що відмовили в інтервалі Δt часу; $N(t)$ – середня кількість об'єктів, які справно працюють у цьому інтервалі часу.

З огляду на те, що $P(t) \rightarrow \frac{N(t)}{N_0}$ при $N_0 \rightarrow \infty$, одержимо співвідношення

$$\lambda(t) = \frac{N_0 \cdot [P(t) - P(t + \Delta t)]}{N(t) \cdot \Delta t}, \quad (2.11)$$

яке при $\Delta t \rightarrow 0$ представимо у вигляді

$$\lambda(t) = -\frac{(dP/dt)}{P(t)} = -\frac{P'(t)}{P(t)}. \quad (2.12)$$

З урахуванням залежності (2.6) остаточно маємо:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (2.13)$$

Інтегруючи цей вираз за часом, одержимо для ймовірності безвідмовної роботи таку залежність:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) \cdot dt}, \quad (2.14)$$

яка називається основною формулою надійності.

Інтенсивність відмов для різних об'єктів і різних періодів роботи залежить від часу. Крива цієї залежності має три характерних ділянки (див. рис. 2.1). Охарактеризувати надійність об'єкта протягом усього часу роботи будь-яким одним законом розподілу відмов неможливо. Тому, приймаючи закон розподілу відмов для того чи іншого періоду, вибирають математичну модель надійності об'єкта за цей самий час.

На ділянці припрацьованих відмов і інтенсивність відмов зменшується. У цей період в основному проявляються конструктивні й технологічні дефекти. Основна причина таких відмов – погрішності виготовлення деталей, а також наслідок розкиду характеристик матеріалу й технологічних режимів виготовлення. Закон розподілу відмов $\lambda(t)$ для об'єктів та їхніх елементів у цей період може бути різним. На перший план висувається завдання скоротити час припрацювання та підвищити надійність об'єкта.

Щоб усунути відмови в цей період, введено спеціальний технологічний режим роботи – *припрацювання*, під час якого усуваються можливі дефекти виготовлення й збирання, а також забезпечується мінімальне зношування контактуючих деталей. При розробленні методів припрацювання важливо вибрати спосіб контролю якості об'єкта. Показником закінчення припрацювання є стабілізація відмов, а також зміна параметрів роботи – ККД, рівня вібрацій і шуму, температури тощо.

На ділянці відмов нормальної експлуатації II інтенсивність відмов установлюється постійною й визначається в основному випадковими відмовами через спільний вплив багатьох факторів. Тому вважається на цій ділянці $\lambda(t) = \text{const}$. З урахуванням вищенаведених залежностей виходить, що в цей період імовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t}, \quad (2.15)$$

тобто має місце експоненціальний закон надійності.

З урахуванням залежності (2.12), щільність розподілу відмов у цей період

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}. \quad (2.16)$$

На рис. 2.2 наведено залежності показників надійності при експоненціальному законі. Перевагою експоненціального закону розподілу є його простота, тому що показники надійності залежать тільки від одного параметра інтенсивності відмов λ .

Зазвичай, величина $\lambda \cdot t \leq 0,1$. Розклавши в ряд залежність (2.15) і відкинувши малі члени, одержимо:

$$P(t) = 1 - \lambda \cdot t + \frac{(\lambda \cdot t)^2}{2!} - \frac{(\lambda \cdot t)^3}{3!} + \dots \approx 1 - \lambda \cdot t.$$

На ділянці зношувальних відмов III (див. рис. 2.1) інтенсивність відмов збільшується. Для опису надійності в цей період застосовують моделі старіння, зношування або втоми. Для опису розподілу часу безвідмовної роботи в цей період приймають закони розподілу, які спочатку мають малу щільність, потім – максимальне значення, а далі – падіння щільності, оскі-

льки зменшується кількість працездатних об'єктів. У зв'язку з різноманіт-
 тям причин і умов виникнення відмов у цей період для опису надійності
 застосовують кілька законів розподілу, які встановлюються при апрокси-
 мації статистичного оброблення результатів випробувань або спостере-
 жень в експлуатації.

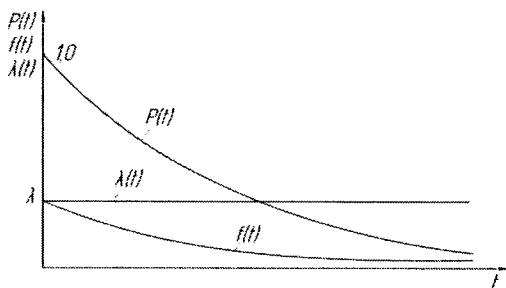


Рис. 2.2. Функції ймовірності $P(t)$ безвідмовної роботи, щільності ймовірності $f(t)$ та інтенсивності $\lambda(t)$ відмов експоненціального розподілу

Працездатність об'єктів також характеризується їхнім напрацюванням на відмову.

Середнім напрацюванням до відмови T_0 об'єкта є математичне очікування його напрацювання до першої відмови. Статистична оцінка середнього напрацювання до відмови

$$T_0^* = \sum_{i=1}^N \frac{t_i}{N}, \quad (2.17)$$

де t_i — час напрацювання до відмови i -го об'єкта.

Математичне очікування випадкової величини

$$T_0 = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) \cdot dt. \quad (2.18)$$

Установимо зв'язок між різними показниками безвідмовності з урахуванням співвідношення (2.6):

$$T_0 = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) \cdot dt = - \int_0^{\infty} t \cdot \frac{dP(t)}{dt} \cdot dt = - \int_0^{\infty} t \cdot dP(t). \quad (2.19)$$

Візьмемо цей інтеграл вроздріб і одержимо

$$T_o = -\int_0^{\infty} t \cdot dP(t) = -t \cdot P(t) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} P(t) \cdot dt.$$

З урахуванням того, що при підстановці меж у перший доданок $t = 0$, буде $P(0)=1$, а при $t = \infty - P(\infty)=0$. У результаті одержимо:

$$T_o = \int_0^{\infty} P(t) \cdot dt. \quad (2.20)$$

Для періоду нормальної експлуатації машини інтенсивність відмов постійна $\lambda(t) = \text{const}$, тому з урахуванням (2.15) одержимо середнє напрацювання до відмови:

$$T_o = \int_0^{\infty} P(t) \cdot dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} \cdot dt = -\frac{1}{\lambda} \cdot e^{-\lambda t} \Big|_0^{\infty} = \frac{1}{\lambda}. \quad (2.21)$$

З урахуванням цього виразу для періоду нормальної експлуатації, одержимо вираження для визначення середнього напрацювання до відмови:

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_o}}. \quad (2.22)$$

Як впливає з формул (2.13) і (2.20), для визначення показників безвідмовності в будь-який період роботи машини необхідно знати функцію щільності розподілу відмов. Найбільш універсальним, зручним і широко застосовуваним є нормальний розподіл (рис. 2.3). Такий розподіл описує поведження випадкових величин, якщо на них впливає багато рівнозначних факторів. Нормальному розподілу підкоряються розміри в партії деталей, їхні механічні характеристики, напрацювання до відмови як відновлюваних, так і невідновлюваних об'єктів.

Щільність нормального розподілу часу відмов $f(t)$ виражається:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-M)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.23)$$

де $M \approx T_0^* = \sum_{i=1}^N \frac{t_i}{N}$ – математичне очікування середнього напрацювання на відмову; $\sigma \approx \sigma^* = \sqrt{\sum_{i=1}^N (t_i - T_0^*)^2 / (N - 1)}$ – середньоквадратичне відхилення середнього напрацювання на відмову.

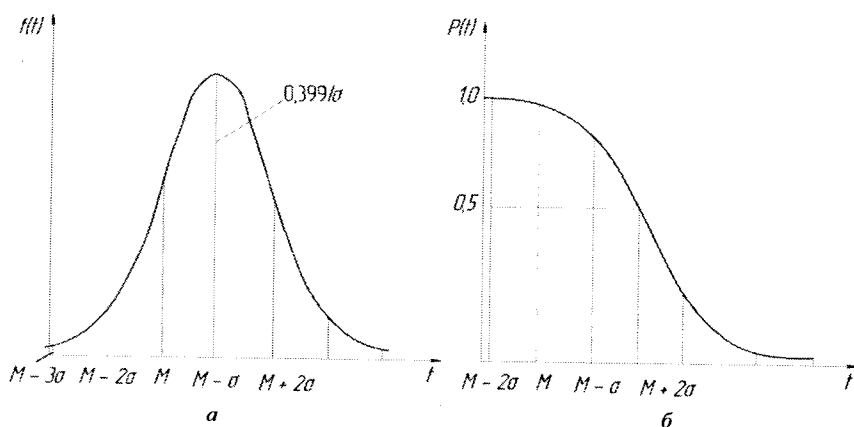


Рис. 2.3. Функція щільності розподілу відмов диференціальна (а) і функція ймовірності безвідмовної роботи інтегральна (б) для закону нормального розподілу

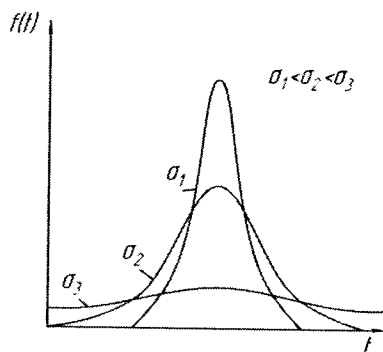


Рис. 2.4. Залежність щільності розподілу відмов $f(t)$ нормального розподілу при різних значеннях середньоквадратичного відхилення σ .

Зближення параметрів розподілу та їхніх оцінок забезпечується зі збільшенням кількості спостережень.

Графічно цей закон інтерпретується кривою Гауса (див. рис. 2.3), яка має максимум при $t = M$, а величина максимуму дорівнює $f(t)_{\max} = 1/(\sigma \cdot \sqrt{2\pi}) \approx 0,399/\sigma$. Математичне очікування M визначає положення графіка уздовж осі часу t , а середнє квадратичне відхилення σ – ширину графіка. Крива щільності розподілу при нормальному розподілі тим гостріша й вища, чим менше σ , як показано на рис. 2.4. Вона починається від $t = -\infty$ і поширюється до $t = +\infty$. Це не є істотним недоліком, зокрема якщо значення $|t - M| > 3\sigma$, оскільки площа кривої щільності, обкреслена гілками, що йдуть у безкінечність, яка виражає відповідну ймовірність відмов, дуже мала.

З урахуванням (2.9) і (2.23), ймовірність відмови для нормального розподілу визначається його функцією розподілу як інтеграла від щільності розподілення відмов:

$$Q(t) = F(t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{(t-M)^2}{2\sigma^2}} dt. \quad (2.24)$$

Для спрощення розрахунків параметрів нормального розподілу вводиться змінна

$$u = \frac{t - M}{\sigma} \quad (2.25)$$

яка називається квантилем нормального розподілу.

Внаслідок перетворень з урахуванням того, що $dt = \sigma \cdot du$, вираз (2.24) зводиться до вигляду

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} \cdot du. \quad (2.26)$$

Для обчислення функції розподілу за цим виразом застосовують функцію (інтеграл Лапласа), що має вигляд

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^u e^{-\frac{u^2}{2}} \cdot du. \quad (2.27)$$

Значення функції $\Phi(u)$ Лапласа табульовано залежно від квантиля розподілу. Функція розподілу через інтеграл Лапласа виражається у такий спосіб:

$$F(u) = 0,5 + \Phi(u) \text{ і } F(-u) = 0,5 - \Phi(u). \quad (2.28)$$

У табл. 2.1 наведено значення функцій розподілу, квантиля й функції Лапласа залежно від величини t .

Таблиця 2.1

Імовірність відмови для нормального розподілу

t	u	$\Phi(u)$	$Q(t)$
$M - 3\sigma$	-3	0,499	0,001
$M - 2\sigma$	-2	0,47	0,03
$M - \sigma$	-1	0,34	0,16
M	0	0	0,5
$M + \sigma$	1	0,34	0,84
$M + 2\sigma$	2	0,47	0,94
$M + 3\sigma$	3	0,499	0,999

Таким чином, імовірність відмови для діапазону значень напрацювання $M - \sigma \leq t \leq M + \sigma$ становить 68 %, для діапазону значень $M - 2\sigma \leq t \leq M + 2\sigma$ – 81 %, а для діапазону $M - 3\sigma \leq t \leq M + 3\sigma$ – 99,8 %, тобто майже 100 %. На цьому ґрунтується правило *трьох сигма* для нормального розподілу. Згідно з ним, з достатньою для інженерних розрахунків точністю розглядається тільки діапазон параметрів $M - 3\sigma \leq t \leq M + 3\sigma$, для якого приймають імовірність відмови за 100 %.

Крім оцінювання ймовірності безвідмовної роботи за певний період, або напрацювання, для нормального розподілу вирішується й зворотнє завдання, тобто визначають час або напрацювання, за якого забезпечується задана ймовірність безвідмовної роботи. Ці значення установлюють за допомогою квантилів нормального розподілу, які вираховують за формулою

(2.25). У табл. 2.2 наведено значення квантилів нормального розподілу залежно від імовірності безвідмовної роботи.

Таблиця 2.2

**Квантилі нормального розподілу
залежно від імовірності безвідмовної роботи**

$P(t)$	0,5	0,9	0,95	0,99	0,999	0,9999
u	0	-1,282	-1,645	-2,326	-3,09	-3,719

Нормальний закон добре описує розподіл випадкових величин, у тому числі й відмов, якщо вони є наслідком дуже великої кількості факторів, які впливають на безвідмовність. Тобто впливи кожного з факторів на появу відмов повинні бути достатньо малі. Прикладом такого явища є процес механічного зношування, що протікає під впливом великої кількості факторів – величини й напрямку сил, форми й розмірів поверхонь, механічних характеристик ріжучих матеріалів, властивостей вкраплень, наявності змащення й т.д. Тому нормальний закон добре описує розподіл напрацювання на відмову внаслідок процесів зношування робочих поверхонь деталей.

Однак якщо в процесі зношування виявляються будь-які фактори, що мають більший вплив, то характер розподілу відмов стає асиметричним, тобто відбувається розподіл, відмінний від нормального.

Крім зношування, на безвідмовність впливають і інші фізичні процеси, тому нормальний закон розподілу не є досконалою моделлю, навіть для зношувальних відмов.

У *логарифмічному нормальному* розподілі логарифм випадкової величини розподіляється за нормальним законом. Для величин, які мають тільки позитивне значення, він точніший за нормальний. Тому такий розподіл застосовують під час визначення напрацювання до відмови деталей, для опису процесів поломок через втомні руйнування, напрацювання підшипників та ін.

Нормальний розподіл зручно застосовувати для опису процесів, які являють собою суму значної кількості випадкових величин, а логарифмічно нормальний – якщо випадкові процеси є добутком випадкових величин. Тому такий розподіл прийнято за одну зі статистичних моделей утомних відмов, які відбуваються внаслідок поступового підсумовування внутрішніх дефектів металу, перетворення їх на мікротріщини й наступного їхньо-

го збільшення, що призводить до неприпустимого ослаблення перерізу деталі та утомного руйнування.

Щільність логарифмічно нормального розподілу має такий вигляд:

$$f_L(t) = \frac{1}{\sigma_L \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma_L^2}}, \quad (2.29)$$

де $\mu \approx \mu^* = \frac{\sum_{i=1}^N \ln(t_i)}{N}$; $\sigma_L \approx \sigma_L^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\ln t_i - \mu^*)^2}{(N-1)}}$ – параметри логарифмічно нормального розподілу.

За аналогією з нормальним розподілом вводять квантиль логарифмічно нормального розподілу:

$$u_L = \frac{\ln t - \mu}{\sigma_L}. \quad (2.30)$$

Основні характеристики логарифмічно нормального розподілу при різних параметрах показано на рис. 2.5. Із представлених характеристик виходить, що цей закон описує асиметричний розподіл випадкових величин. Логарифмічне середньоквадратичне відхилення σ_L впливає на ступінь асиметрії графіка щільності розподілу та його висоту. Крива щільності розподілу при логарифмічно нормальному розподілі тим гостріша й вища, чим менше величина σ_L .

Одним з переваг логарифмічно нормального розподілу є можливість перетворення асиметричного графіка щільності розподілу відмов в осях координат t і $f(t)$ на симетричний розподіл в осях координат $\ln t$ і $\ln f(t)$, що забезпечує застосування закономірностей і характеристик, справедливих для нормального розподілу.

Крім закону розподілу, для опису втомних явищ застосовують закони Вейбулла, Релея, Максвелла та ін.

Розподіл Вейбулла найбільш універсальний, оскільки варіюванням його параметрів забезпечується розгляд широкого діапазону випадків закономірностей ймовірностей відмов. Такий закон задовільно описує щільність розподілу як зношувальних і втомних відмов, так і припрацьованих.

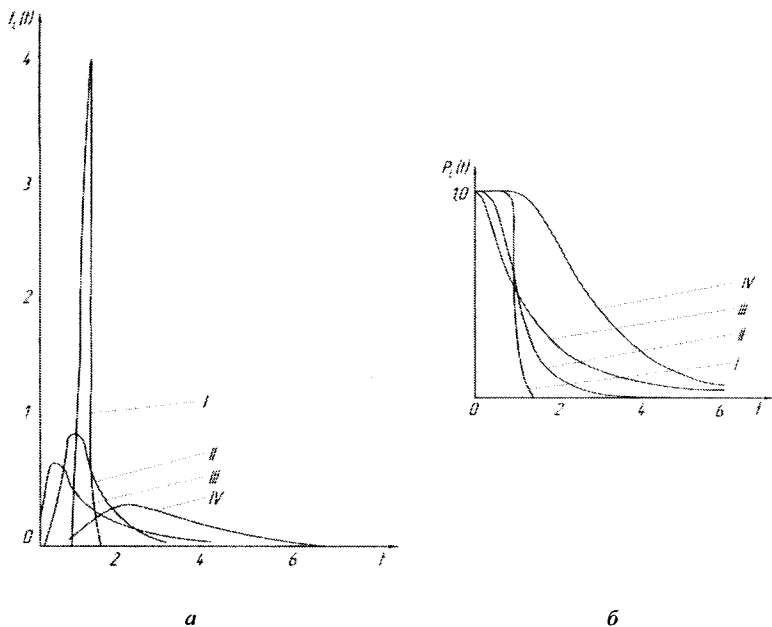


Рис. 2.5. Основні характеристики логарифмічно нормального розподілу при різних параметрах (I – IV):

a – щільність імовірності $f_L(t)$; *b* – вірогідність безвідмовної роботи $P_L(t)$.

I – $\mu = 0$; $\sigma_L = 0,1$; II – $\mu = 0$; $\sigma_L = 0,5$; III – $\mu = 0$; $\sigma_L = 1$; IV – $\mu = 1$; $\sigma_L = 0,5$

Щільність розподілу Вейбулла має вигляд

$$f_V(t) = a \cdot b \cdot t^{b-1} \cdot e^{-a \cdot t^b}, \quad (2.31)$$

де *a* – параметр, що характеризує гостроту кривої щільності розподілу; *b* – параметр, що характеризує симетрію кривої розподілу.

Параметри *a* й *b* не мають явного фізичного змісту, що є деякою незручністю розподілу Вейбулла. Імовірність безвідмовної роботи для розподілу визначають залежністю

$$P_V(t) = e^{-a \cdot t^b}, \quad (2.32)$$

а інтенсивність відмов – за формулою

$$\lambda_V(t) = abt^{b-1}. \quad (2.33)$$

У деяких літературних джерелах щільність розподілу Вейбулла представляється у вигляді

$$f_V(t) = \frac{m}{t_0} t^{m-1} e^{-\frac{t^m}{t_0}}, \quad (2.34)$$

де $m > 0$ – параметр форми графіка; $t_0 > 0$ – параметр масштабу для розподілу Вейбулла.

Очевидно, що співвідношення параметрів у залежностях (2.31) і (2.34) становить $a = 1/t_0$ і $b = m$. Слід зазначити, що параметр масштабу t_0 має розмірність досліджуваної величини t .

Універсальність і можливості в описанні різних розподілів показано на рис. 2.6 і 2.7. При значеннях параметра форми $0 < m < 1$ функції щільності $f_V(t)$ й інтенсивності $\lambda_V(t)$ відмов убутні, що характерно для періоду припрацювання.

При $m = 1$ за залежностями (2.33) і (2.34) розподіл Вейбулла перетворюється на експонентне з інтенсивністю відмов $\lambda_V(t) = \text{const}$, а щільність відмов $f_V(t)$ – убутна функція.

При $m > 1$ функція щільності відмов $f_V(t)$ одновершинна; функція інтенсивності відмов $\lambda_V(t)$ безупинно зростаюча при $1 < m < 2$ опуклістю нагору, а при $m > 2$ – опуклістю вниз.

При $m = 2$ функція інтенсивності відмов $\lambda_V(t)$ є лінійною, а розподіл Вейбулла перетворюється на розподіл Релея. При $m = 3,3$ розподіл Вейбулла досить наближається до кривої щільності нормального розподілу.

Завдяки різноманіттю можливих форм кривих щільності розподілу відмов за законом Вейбулла моделюється велика кількість відмов, різних за своєю фізичною природою. Цим законом моделюються статично тендітні руйнування, втомні поломки, відмови через термічне перенапруження, зношувальні відмови, які з'являються внаслідок втоми поверхневих шарів металу.

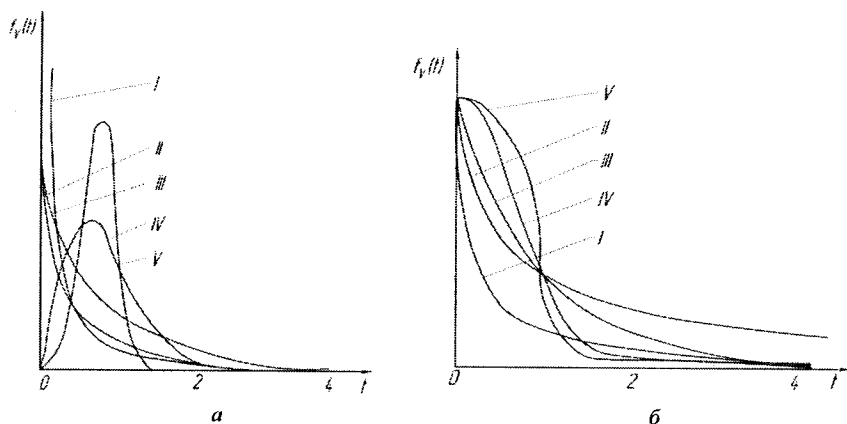


Рис. 2.6. Основні характеристики розподілу Вейбулла:

a – щільність розподілу відмов $f_v(t)$; *б* – імовірність безвідмовної роботи $P_v(t)$

при різних параметрах розподілу: *I* – $t_0 = 0,5$; $m = 0,5$; *II* – $t_0 = 1$; $m = 0,5$;

III – $t_0 = 1$; $m = 1$; *IV* – $t_0 = 1$; $m = 2$; *V* – $t_0 = 1$; $m = 4$

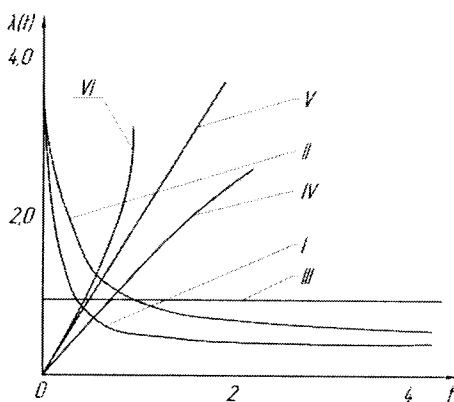


Рис. 2.7. Інтенсивність відмов $\lambda_v(t)$ для розподілу Вейбулла при різних

параметрах розподілу: *I* – $t_0 = 0,5$; $m = 0,5$; *II* – $t_0 = 1$; $m = 0,5$;

III – $t_0 = 1$; $m = 1$; *IV* – $1 < m < 2$; *V* – $t_0 = 1$; $m = 2$; *VI* – $m > 2$

Для відновлюваних у процесі експлуатації об'єктів працездатність відновлюється завдяки ремонту. Тому для оцінювання працездатності таких

об'єктів вводять додаткові характеристики: параметр потоку відмов, напрацювання на відмову та ймовірність безвідмовної роботи.

Параметр потоку відмов $\Lambda(t)$ характеризує відношення середньої кількості відмов ремонтovanого об'єкта за одиницю часу до загальної кількості об'єктів:

$$\Lambda(t) = \frac{\Delta n}{N_0 \cdot \Delta t} = \frac{dn}{N_0 \cdot dt}. \quad (2.35)$$

Ця характеристика для періоду нормальної експлуатації ідентична од-ночасно частоті й інтенсивності відмов для невідновлюваних об'єктів, оскільки загальна кількість справних виробів $N(t)$ у будь-який момент часу постійна й дорівнює N_0 .

Напрацювання на відмову – відношення напрацювання об'єкта до математичного очікування кількості його відмов протягом цього напрацювання.

Для одного об'єкта, що ремонтується, статистична оцінка напрацювання на відмову становить

$$T_0^* = \sum_{i=1}^n t_i / n, \quad (2.36)$$

де t_i – час напрацювання до i -тої відмови; n – кількість відмов.

Статистична оцінка напрацювання на відмову для N об'єктів, що ремонтуються

$$T_N^* = \sum_{i=1}^N t_i / \sum_{i=1}^N n_i. \quad (2.37)$$

Для стаціонарного потоку раптових відмов, також як і для невідновлюваних об'єктів:

$$T_0 = \frac{1}{\Lambda}. \quad (2.38)$$

Для відновлюваних об'єктів розгляд поступових (зношуваних) відмов також становить інтерес, оскільки час відновлення після поступових від-

мов зазвичай більший, ніж після раптових. При спільному розгляданні дії потоку раптових і поступових відмов параметри потоків відмов складаються. Якщо потік раптових відмов має постійну величину, то потік зношувальних відмов змінний. У результаті залежність параметра потоку відмов від часу має вигляд, представлений на рис. 2.8.

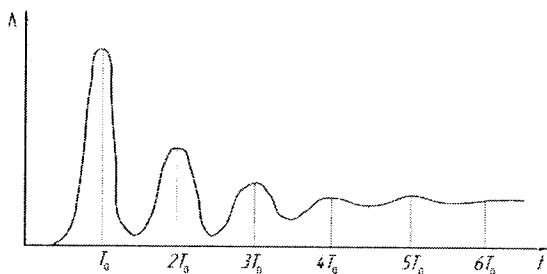


Рис. 2.8. Залежність потоку відмов об'єктів з послідовною заміною деталей після відмови

З аналізу представленої залежності випливає, що параметр потоку відмов $\Lambda(t)$ спочатку зростає, потім починаються коливання, які загасають після певного часу. Спостережувані максимуми $\Lambda(t)$ відповідають середньому напрацюванню до відмови першого, другого, третього й т.д. поколінь деталей, які замінюються під час усунення відмов. У міру відмов вихідних деталей (першого покоління) їх замінюють на деталі другого покоління. Крива розподілу відмов деталей другого покоління буде ширша, оскільки вона вводиться під навантаження протягом усього періоду поступових відмов деталей першого покоління. Відповідно ця крива буде нижча, оскільки площі під кривими повинні бути однаковими. При відмовах деталей другого покоління їх замінюють на деталі третього покоління, для яких крива розподілу з тієї самої причини буде ще ширша й нижча. Таке зниження відбуватиметься доти, поки потік відмов в основному не буде визначатися раптовими відмовами.

У складних об'єктах (системах) параметр потоку відмов розглядається як сума параметрів потоків відмов підсистем. Складові потоки відмов можна розглядати за вузлами або за типами пристроїв, наприклад механічними, гідравлічними, електричними, електронними та ін.

Ймовірністю безвідмовної роботи ремонтovanого об'єкта є ймовірність того, що в межах заданого напрацювання відмова не відбудеться, або що об'єкт у будь-який момент часу перебуває в працездатному стані.

Ремонтований об'єкт у довільний інтервал часу буде працездатним, якщо будуть виконані дві умови: за цей інтервал відмова не настане або при відмові за цей інтервал об'єкт відновлено до працездатного стану. Ці умови забезпечуються при ймовірності безвідмовної роботи, яка описується залежністю

$$P_B(t) = \frac{\mu}{\mu + \Lambda} + \frac{\Lambda}{\mu + \Lambda} \cdot e^{-(\lambda + \mu)t}, \quad (2.39)$$

де μ – параметр відновлення, аналогічний параметру потоку відмов, і є величиною, зворотною до середнього часу відновлення $\mu = 1/T_B$.

На рис. 2.9 показано залежність ймовірності безвідмовної роботи для відновлюваних і невідновлюваних об'єктів у період нормальної експлуатації.

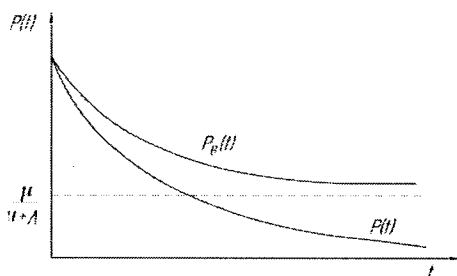


Рис. 2.9. Залежність ймовірності безвідмовної роботи від напрацювання для відновлюваних і невідновлюваних об'єктів

З аналізу залежностей (2.15) і (2.39) випливає, що при $t=0$ ймовірність безвідмовної роботи об'єктів однакова $P(t) = P_B(t) = 1$, але при $t \rightarrow \infty$ для невідновлюваних $P(t) = 0$, а для ремонтovanаних наближається до постійного значення $P_B(t) = \mu/(\mu + \Lambda)$. Таким чином, установлено, що ймовірність безвідмовної роботи в ремонтovanого об'єкта завжди вища, ніж у невідновлюваного. Чим більший параметр відновлення μ , тим ймовірність безвідмовної роботи вища. Параметр відновлення збільшується зі зменшенням середнього часу відновлення.

Показники безвідмовності відновлюваних приводів застосовують в основному для визначення комплексних показників надійності, обґрунтування періодичності й обсягів робіт з ТО машин. Для прогнозування надійності в умовах експлуатації машин в основному застосовують показники довговічності.

2.3. Довговічність

Довговічність – це властивість об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування й ремонтів.

Перехід у граничний стан визначається моментом, коли подальша експлуатація приводу недоцільна через неможливість підтримувати безпеку, безвідмовність або ефективність експлуатації на допустимому рівні або коли внаслідок зношування й старіння об'єкт прийшов у такий стан, при якому ремонт потребує недопустимо великих витрат або не забезпечує відновлення необхідної працездатності. Ознаки граничного стану різні й встановлюються нормативно-технічною документацією на конкретний об'єкт.

Для оцінювання довговічності машин застосовують показники, які характеризують вихід за допустимі межі їхніх основних технічних характеристик (потужності, швидкості, точності функціонування, ККД та інших) або здатність виконувати свої функції з допустимими витратами на обслуговування й ремонт. Під довговічністю виробу розуміють його роботу за весь період експлуатації з огляду на те, що тривала робота неможлива без ТО й ремонтних впливів, які підтримують і відновлюють працездатність, втрачену в процесі експлуатації. Довговічність оцінюють ресурсом і терміном служби.

Ресурс T_p – напрацювання об'єкта від початку експлуатації або її поновлення після капітального ремонту до настання граничного стану.

Термін служби T_{cn} – календарна тривалість експлуатації об'єкта від її початку або поновлення після капітального ремонту до настання граничного стану.

Відмінність ресурсу від терміну служби полягає в тому, що перший показник є оцінкою фактичного напрацювання об'єкта, а термін служби

характеризує календарну тривалість його існування з моменту введення в експлуатацію незалежно від характеру його використання.

Призначений ресурс $T_{p.n}$ – сумарне напрацювання об'єкта, при досягненні якого потрібно припинити застосування за призначенням незалежно від його технічного стану. Цей показник є не випадковою величиною й застосовується для приводів складних об'єктів, що виконують відповідальні функції. Як правило, призначений ресурс обумовлюється в технічних та експлуатаційних документах з міркувань безпеки.

Середній ресурс $T_{p.серед}$ – математичне очікування ресурсу сукупності об'єктів одного типорозміру й призначення, що визначається за залежністю

$$T_{p.серед} = \int_0^{\infty} t \cdot f_p(t) \cdot dt, \quad (2.40)$$

де $f_p(t)$ – щільність розподілу ресурсу.

Гамма-відсотковий ($\gamma\%$) *ресурс* $T_{p,\gamma}$ – напрацювання, протягом якого об'єкт не досягає граничного стану із заданою ймовірністю γ , виражений у відсотках. Гамма-відсотковий ресурс показує, що об'єкти певного виду мають напрацювання до граничного стану, не нижчого від величини

$$T_{p,\gamma} = \int_0^T f_p(t) \cdot dt = \frac{\gamma}{100}. \quad (2.41)$$

Якщо, наприклад $\gamma=90\%$, то відповідний ресурс називають «дев'яностовідсотковим» ресурсом. Тобто це основний нормативний показник довговічності, на основі якого випускаються й допускаються до експлуатації нові машини або після ремонту.

Гарантійний ресурс $T_{p,r}$ – напрацювання об'єкта, до завершення якого виготовлювач гарантує й забезпечує усунення всіх претензій до його якості за умови дотримання споживачем правил експлуатації, в тому числі правил зберігання й транспортування. Цей період збігається з періодом припрацювання.

Міжремонтний ресурс – це середній ресурс між суміжними ремонтами. Внаслідок того, що об'єкт є підсистемою якоїсь базової системи, технічні вимоги до ресурсних показників для заданих умов і режимів експлуа-

тації об'єкта визначають за значеннями ресурсних показників для базової машини. Наприклад, двигун як об'єкт надійності входить до складу машини. Тому параметри довговічності двигуна повинні бути узгоджені з такими параметрами для всієї машини. Аналогічно визначають показники довговічності щодо терміну служби.

Середній термін служби $T_{p, \text{серед}}$ – це математичне очікування терміну служби об'єкта одного типорозміру й призначення. Показник визначають за залежністю

$$T_{p, \text{серед}} = \int_0^{\infty} t \cdot f_{\text{сн}}(t) \cdot dt, \quad (2.42)$$

де $f_{\text{сн}}(t)$ – щільність розподілу терміну служби.

Гамма-відсотковий ($\gamma\%$) термін служби $T_{\text{сн}, \gamma}$ – це календарна тривалість від початку експлуатації об'єкта, протягом якої він не досягає граничного стану із заданою ймовірністю $\gamma\%$:

$$T_{\text{сн}, \gamma} = \int_0^T f_{\text{сн}}(t) \cdot dt = \frac{\gamma}{100}. \quad (2.43)$$

Співвідношення між показниками довговічності подано на рис. 2.10. На ньому уся крива довговічності розбита на ряд характерних ділянок.

Ділянка *I* – гарантійний (або юридичний) ресурс $T_{p, \gamma}$, що визначає період, під час якого завод-виготовлювач приймає претензії щодо якості об'єкта.

Ділянка *II* – ресурс до першого ремонту $T_{p, 0}$, тобто період, протягом якого передбачається в основному ТО й заміна вузлів і деталей через випадкові відмови. Цей ресурс визначає довговічність об'єкта. На цій ділянці кількість об'єктів, що відмовили, майже постійна; період відповідає нормальній експлуатації й для нього розраховують показники надійності. Після ділянки *II* починається період зношування, показники надійності втрачають стабільність, і інтенсивність відмов знову зростає.

Ділянка *III* – $\gamma\%$ ресурс, який має відносна кількість об'єктів, не менший ніж $\gamma\%$.

Ділянка IV – середній ресурс $T_{p.серед}$, якому відповідає математичне очікування ресурсу для деякої сукупності об'єктів певного типу.

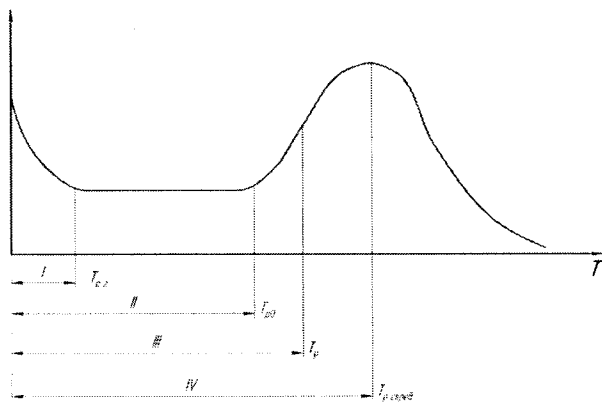


Рис. 2.10. Співвідношення між показниками довговічності

Довговічність машин має три різних аспекти.

і зична довговічність залежить від довговічності складових її вузлів і деталей, які можуть виходити з ладу внаслідок зношування, втомних поломок, старіння, корозії й т.д.

Техніко-економічна довговічність машини залежить від зіставлення витрат на підтримку й відновлення її працездатності з економічним результатом від застосування.

Моральна довговічність машин, зазвичай, більша й за фізичну й за техніко-економічну довговічність, оскільки доцільно підтримувати й відновлювати працездатний стан машини доти, поки не з'явиться нове обладнання, що має принципово нові техніко-економічні показники.

2.4. Комплексні показники надійності

За розглянутими показниками можна оцінити будь-яку одну властивість надійності. Тому показники безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності й збереженості називаються одиничними. Як впливає із залежності (2.39), надійність відновлюваних об'єктів істотно залежить, як

мінімум, від двох властивостей надійності. Для сукупного оцінювання безвідмовності й ремонтпридатності використовують комплексні показники – коефіцієнт готовності й коефіцієнт технічного використання.

Коефіцієнт готовності K_r характеризує ймовірність того, що об'єкт виявиться працездатним протягом часу середнього напрацювання на відмову, крім планованих періодів, протягом яких його експлуатацію не передбачено.

Якщо система забезпечення працездатності об'єкта передбачає негайне усунення відмови при її виникненні, то коефіцієнт готовності обчислюють за формулою

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B}, \quad (2.44)$$

де T_0 – середній наробіток на відмову, що визначається за формулою (2.24) або (2.25); T_B – середній час відновлення.

Час відновлення T_B визначають аналогічно показникам без відмовності:

$$T_B^* = \sum_{i=1}^n t_{iv} / n; \quad (2.45)$$

де t_i – час відновлення до i -тої відмови; n – кількість відмов.

При визначенні середнього часу відновлення слід мати на увазі, що оцінюється властивість об'єкта, а не зовнішні фактори, які впливають на тривалість простоїв під час ремонту (кваліфікація персоналу, забезпеченість устаткуванням, організація ремонту та ін.).

Чим вищий коефіцієнт готовності, тим вища ймовірність знаходження об'єкта в працездатному стані в момент часу t . Це забезпечується меншим часом відновлення, тобто вищою ремонтпридатністю об'єкта.

Коефіцієнт оперативної готовності K_{op} характеризує ймовірність того, що в довільний момент часу об'єкт виявиться працездатним з урахуванням періодів відновлення, протягом яких його експлуатацію не передбачено. Цей комплексний показник надійності також називається функцією готовності й визначається залежністю

$$K_{or}(t) = P(t) \cdot K_r. \quad (2.46)$$

Залежність від часу цього комплексного показника представлено на рис. 2.11. З аналізу залежності (2.46) випливає, що $K_{or}(0) = 1$, тобто вважається, що об'єкт починає експлуатуватися зі справного стану.

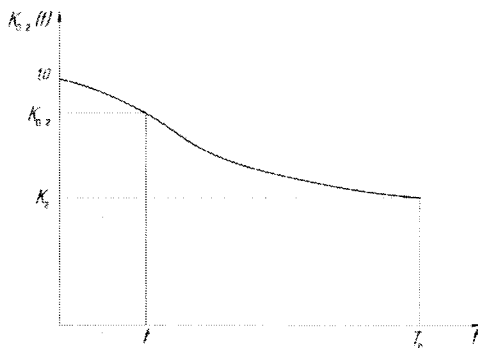


Рис. 2.11. Залежність коефіцієнта оперативної готовності (функції готовності) від часу

Зі зміною часу експлуатації функція готовності $K_{or}(t)$ убуває й при $t \rightarrow T_0$ прямує до постійної величини, відмінної від нуля, яка на конкретному відрізку часу є остаточною ймовірністю, оскільки об'єкт виявляється працездатним і є коефіцієнтом готовності. Таким чином, між функцією й коефіцієнтом готовності на відрізку часу $0 \leq t \leq T_0$ існує залежність $1 \leq K_{or}(t) \leq K_r$.

Коефіцієнт технічного використання $K_{тв}$ є відношенням математичного очікування часу перебування об'єкта в працездатному стані за деякий період експлуатації до суми математичних очікувань часу працездатного стану T_0 , часу відновлення T_B й часу простоїв для ТО $T_{ТО}$:

$$K_{тв} = \frac{T_0}{T_0 + T_B + T_{ТО}}. \quad (2.47)$$

Коефіцієнт вимушених простоїв K_n визначається у вигляді співвідношення

$$K_n = \frac{T_b + T_{TO}}{T_o + T_b + T_{TO}}. \quad (2.48)$$

З виразів (2.47) і (2.48) випливає, що сума коефіцієнтів комплексних показників

$$K_{TB} + K_n = 1. \quad (2.49)$$

Отже, періодичність, обсяги й трудомісткість ТО й ремонту, що визначаються, виходячи з вимог безвідмовності, значно впливають на коефіцієнт технічного використання.

2.5. Ремонтпридатність

Жоден з показників безвідмовності й довговічності повністю не характеризує надійності відновлюваних об'єктів. Одна з основних вимог до машин – пристосованість їхньої конструкції до сервісних робіт, які здійснюються з метою підтримки й відновлення працездатності в процесі експлуатації. Комплекс робіт з підтримання працездатності машин становить ТО, а по відновленню працездатності й ресурсу – ремонт. Тому ремонтпридатність є основою сервісу машин, у той же час вона тісно пов'язана з іншими властивостями надійності машин.

ТО являє собою комплекс робіт, спрямованих на підтримку справності або працездатності машини під час підготовки до її застосування або в процесі використання за призначенням, при зберіганні й транспортуванні.

Ремонт – це комплекс робіт, спрямованих на підтримку й відновлення справності або працездатності й ресурсу машини або її складових частин. Розрізняють поточні, середні й капітальні ремонти.

Поточний ремонт виконується в процесі експлуатації машини для забезпечення її працездатності й полягає в заміні або відновленні її певних частин та їхньому регулюванні.

Середній ремонт виконується з метою відновлення основних частин машини шляхом їхньої заміни або відновленні працездатності до наступ-

ного планового середнього ремонту або капітального ремонту інших частин з наступним випробуванням машини на працездатність.

Капітальний ремонт виконують з метою відновлення працездатності й повного або часткового відновлення ресурсу машин шляхом заміни або відновлення будь-яких її частин, включаючи базові, з наступним проведенням випробувань машини на працездатність.

У практиці проектування й експлуатації різних об'єктів поряд з терміном «ремонтпридатність» застосовують терміни:

- експлуатаційна технологічність;
- технологічність при ТО;
- технологічність при ремонтах;
- технологічність при виконанні сервісних робіт.

Під *експлуатаційною технологічністю* розуміють таку властивість конструкції, яка характеризує її пристосованість до робіт, виконуваних під час підготовки машин до використання, в процесі безпосереднього застосування й по закінченні використання. З визначень термінів «технологічність» і «ремонтпридатність» випливає, що обидва ці поняття містять одну й ту саму загальну для них властивість технологічності при ТО й ремонті. Однак використання терміна «експлуатаційна технологічність» і відповідних показників для загальної його оцінки має практичне значення, оскільки повніше характеризує експлуатаційні властивості машин.

Під *технологічністю машин при ТО* розуміють таку властивість, яка вказує в них пристосованість до комплексу робіт, виконуваних задля підтримання працездатного стану в процесі застосування й зберігання.

Основне призначення цих робіт:

- підтримувати машини в технічно справному стані;
- забезпечувати їхнє використання із заданим рівнем показників ефективності;
- знижувати інтенсивність відмов і погіршення технічного стану;
- контролювати працездатність.

Поняття «технологічність при ТО» пов'язане з поняттями доступність, легkozнімність, контролепридатність, блоковість, взаємозамінність, відновлюваність.

Під *технологічністю при ремонті* розуміють властивості конструкції машин і їхніх конструктивних елементів (деталей, складальних елементів, вузлів), що характеризуються їхньою пристосованістю до ремонтних робіт, здійснюваних з метою відновлення їхньої працездатності й ресурсу.

Технологічністю при виконанні сервісних робіт називають такі властивості машини, які забезпечують пристосованість її конструкції до виконання:

- робіт з підготовки машини до застосування (навішування робочих органів, вмикання до джерел енергії, заправлення паливом і т.д.);
- операцій і робіт у процесі застосування (керування робочими органами, перемикання механізмів, спостереження за показаннями приладів);
- робіт, що виконуються після закінчення використання машини (знімання робочих органів, відключення від джерел електроживлення, переведення в транспортне положення або в положення для зберігання).

Фактори визначення ремонтпридатності

Ремонтпридатність машин є функцією факторів конструктивного, виробничо-технологічного й експлуатаційного характеру. Склад кожної з цих груп факторів, їхній вплив на значення характеристик ремонтпридатності визначаються призначенням і конструктивними особливостями машини, умовами її експлуатації, технічного обслуговування й ремонту.

Усю сукупність факторів ремонтпридатності умовно розділяють на дві групи: фактори, що визначають ремонтпридатність конструкцій як властивостей машин, і фактори, що характеризують умови прояву цієї властивості. Фактори ремонтпридатності розглядають з позиції можливості керування ними й кількісним їхнім вимірюванням. Значну частину факторів можна оцінити кількісно, а деякі з них носять якісний характер, і не мають міри.

Конструктивні фактори поділяють на такі групи:

- за можливістю їхнього кількісного оцінювання (кількісні і якісні);
- за результатами впливу на характеристики ремонтпридатності, що впливають на витрати часу, праці й засобів на ТО й ремонт, та ті, що впливають на аналогічні витрати під час виготовлення об'єктів.

Конструктивні фактори ремонтпридатності, які безпосередньо впливають на значення показників ремонтпридатності, також поділяють на групи:

- раціональна розчленованість конструкції на відокремлено виготовлені й конструктивні елементи (блоки механізму, збірні одиниці й т.д.). Чітке виділення таких частин конструкції машини дають змогу скоротити час і витрати праці на проведення розбірно-складальних робіт при ТО й ремонті,

спростити технологію контролю технічного стану й виявити несправності, відновити працездатність машини агрегатним методом. Виділяти конструктивні елементи особливо важливо для частин машини, що містять швидкозношувані деталі й складальні одиниці;

- доступність конструктивних елементів для ТО й ремонту, особливості розміщення деталей і з'єднань у складальних елементах, що є об'єктами систематичного контролю, інтенсивного обслуговування й ремонту;

- раціональний вибір матеріалів, з яких виготовляють конструктивні елементи машини. Матеріали повинні задовольняти вимогам технологічних процесів під час виготовлення й ремонту;

- раціональний розподіл навантажень, що діють на конструктивні елементи при експлуатації машини. Необхідно прагнути до того, щоб у конструкції машини не було елементів, які вийшли з ладу до настання чергового планового ремонту і доступ до яких утруднений. Нераціональний розподіл навантажень спричинює необхідність збільшення розмірів поверхонь і поперечних перерізів деталей;

- раціональна конфігурація деталей, складальних одиниць і робочих поверхонь, що створює умови застосовувати під час виготовлення й ремонту зміцнювальні технологічні процеси, які значно підвищують термін служби;

- раціональне конструктивне оформлення елементів машини, що забезпечує їхній захист від несприятливого впливу зовнішнього середовища.

Дії усіх цих факторів часто є основною причиною зношування деталей і витрачання працездатності елементами машини й машини в цілому.

Більшість факторів конструктивного характеру керовані. Отже, при розробленні конструкції машини їх можна змінювати в бажаному напрямі й тим самим забезпечувати необхідний рівень характеристик ремонтпридатності машини. Слід мати на увазі, що раціональні конструктивні рішення, які враховують впливи багатьох факторів, є лише потенційними умовами забезпечення необхідного рівня характеристик ремонтпридатності. Проявляються ж ці властивості під час виготовлення машин і в процесі їхньої експлуатації.

Виробничо-технологічні фактори, як і конструктивні, впливають на тривалість і трудомісткість здійснення ТО й ремонту під час експлуатації машин, на термін їхньої служби.

Є дві групи виробничо-технологічних факторів ремонтпридатності: організаційно-технічні та технологічні.

До першої групи належать фактори, що характеризують рівень організації праці й виробництва та значно впливають на забезпечення вимог ре-

монтопридатності, закладених під час розроблення конструкції машини. Такими факторами, зокрема, є:

- стан організації праці й впровадження сучасних технологічних процесів;
- наявність на підприємстві-виготовлювачі сучасного технологічного устаткування та його технічний стан;
- досконалість застосовуваних методів контролю й випробування виготовленої продукції, рівень її сертифікації, кваліфікації фахівців підприємства.

Технологічні фактори є основним інструментом забезпечення необхідних властивостей об'єктів виробництва, в тому числі й властивостей ремонтпридатності машин під час виготовлення, а в процесі експлуатації машин – під час ТО й ремонту.

Розглянемо найістотніші технологічні фактори, що впливають на показники ремонтпридатності.

1. Методи досягнення й забезпечення точності під час виготовлення деталей і збирання складальних одиниць машини.

Найчастіше розглядаються чотири методи досягнення й підтримки точності конструктивних елементів машини:

- повної взаємозамінності;
- неповної взаємозамінності, коли частина виготовлених конструктивних елементів невзаємозамінна;
- конструктивної компенсації, коли необхідна точність з'єднання досягається введенням у них компенсаторів: нерухомих (шайб, прокладок) або рухомих (гвинтових пар, клинів, ексцентриків);
- технологічної компенсації, коли для досягнення необхідної точності одна або кілька поверхонь, що входять у з'єднання, піддаються додатковому обробленню під час збирання, для чого передбачається відповідний припуск.

Кожному з цих методів забезпечення точності відповідає своя раціональна область і умови застосування.

2. Технологічні процеси, що забезпечують необхідні властивості поверхневого шару деталей. Такими технологічними процесами є: термічне й хіміко-термічне оброблення (загартування струмом високої частоти, коксування, азотування й т.п.), заклепування (вібраційне, накаткою, дробострумине), нанесення на деталь шарів металу з поліпшеними властивостями. Використання в конструкції машин деталей із поліпшеними властивостями поверхневого шару дає змогу в широкому діапазоні подовжувати терміни їхньої служби.

3. Методи оброблення поверхонь деталей і складальних одиниць, що забезпечують їхню високу зносостійкість, корозійну стійкість та ін. При

цьому застосовують такі технологічні процеси: чисте шліфування, хонінгування, суперфінішер, електрополірування, полірування абразивами, нанесення гальванічних покриттів.

4. Застосування при зварюванні металоконструкцій машин технологічних процесів, режимів і послідовності накладення швів і технологічного оснащення, які забезпечують мінімальні деформації й залишкові напруження в елементах конструкції.

Експлуатаційні фактори визначають умови, в яких проявляються властивості конструкції машини, закладені під час її проектування й забезпечені під час виготовлення. Для конкретної конструкції й умов її використання експлуатаційні фактори визначають кількісні значення показників ремонтпридатності. Різні умови експлуатації, ТО й ремонту машин, тобто розбіжності в складі й характері діючих експлуатаційних факторів, є причиною розбіжностей значень показників ремонтпридатності для машин. Конструктивні особливості машини передбачають значення характеристик ремонтпридатності й інтенсивність їхньої зміни в умовах експлуатації. Треба віддавати перевагу конструкції машин, характеристики яких мало змінюються під час зміни умов експлуатації. З іншого боку, конструкція машини повинна реагувати на здійснювані в процесі експлуатації сервісні заходи, які є одним з найважливіших експлуатаційних факторів.

Експлуатаційні фактори бувають: організаційні й технічні.

До організаційних факторів належать:

- прийнята *система технічного сервісу*. Системи ТО й ремонту встановлюють згідно з вимогами, які пред'являються до машин, що перебувають в експлуатації. Наприклад, систему ТО й ремонту можна побудувати, виходячи з умов забезпечення максимального значення показників ефективності використання машин або максимальної тривалості їхнього працездатного стану за період експлуатації при певних витратах на виготовлення й експлуатацію. Систему ТО й ремонту можна побудувати також виходячи з міркувань вимоги мінімуму витрат на виготовлення й експлуатацію машин за умови забезпечення заданого значення показників ефективності;

- *організаційні форми технічного сервісу машин*. У практиці експлуатації машин, залежно від конкретних умов, застосовують централізовану й децентралізовану форми ТО, у спеціалізованих підприємствах або за наявності експлуатаційного персоналу. Більш різноманітні організаційні форми застосовують під час ремонту машин, що зумовлюється розмаїтістю конструкцій, характером ремонтних робіт і кількістю ремонтваних машин.

Ремонт машин буває індивідуальним, серійним і поточковим (масовим). Машини можна ремонтувати на спеціалізованих ремонтних підприємствах та на підприємствах, що їх експлуатують;

- *види, періодичність і зміст сервісних заходів*. Цей фактор найістотніше впливає на визначення характеристик ремонтпридатності й характеристик ефективності машин. Розроблено й застосовуються багато методів установлення оптимальних систем профілактики. Найчастіше таке завдання розглядають як екстремальне й формулюють у термінах оптимальних рішень. Метод рішення завдання визначають за якістю наявної інформації про зміну характеристик працездатності машини в процесі експлуатації, математичним апаратом, який використовують для описання процесу зміни технічного стану машини й визначення характеристик систем профілактичних робіт. Найчастіше застосовують різні наближені методи встановлення обсягів робіт з технічного сервісу, наприклад, статистичні, якщо періодичність і зміст профілактичних заходів встановлено шляхом дослідної експлуатації деякої кількості машин;

- *система забезпечення матеріалами й запасними частинами машин, що перебувають в експлуатації*. Технічний сервіс із використанням запасних частин широко розповсюджений у практиці експлуатації машин. Раціональна система забезпечення матеріалами й запасними частинами дає змогу при мінімумі витрат на їхнє придбання, зберігання й проведення робіт із сервісу машин забезпечувати необхідні значення їхніх показників ефективності й мінімальний час перебування на ТО й ремонті. При обґрунтуванні системи забезпечення матеріалами й запасними частинами передбачається встановлення номенклатури, визначення порядку й періодичності поповнення запасів, визначення кількості матеріалів і запасних частин кожного найменування, встановлення місць зберігання, порядку обліку й доставки до місця споживання. Залежно від вимог до часу перебування машини на технічному обслуговуванні або в ремонті, а також вимог до витрат праці й коштів, як запасні частини можуть розглядаються окремі деталі, що комплектують елементи, складальні одиниці. Вирішення цього питання значною мірою визначає номенклатуру запасних частин. Другим джерелом інформації для вирішення питання про номенклатуру запасних частин є відомості про терміни служби;

- *повнота і якість експлуатаційно-технічної й ремонтної документації*. Комплекти експлуатаційно-технічної документації містять у собі технічний опис, інструкції з технічного обслуговування й експлуатації, інструкції з монтажу, пуску й регулювання, формуляр і паспорт. Комплект ремонтної

документації складається з керівних матеріалів і технічних умов з поточного, середнього й капітального ремонтів, ремонтних креслень, відомостей і норм витрати матеріалів і запасних частин. Експлуатаційна й ремонтна документація повинні відбивати прийняту систему сервісного обслуговування для розглянутого виду машин.

До *технічних факторів*, що впливають на ремонтпридатність в експлуатації, належать:

- *види й зміст технологічних процесів ТО й ремонту*. Для кожного виду ТО відповідно до його призначення встановлюють порядок огляду й перевірки працездатності машини та її складових частин, обсяг і порядок розбирання, перелік і зміст робіт з регулювання й заміни конструктивних елементів, перелік застосовуваного устаткування, контрольно-вимірювальної апаратури, інструменту тощо, порядок збирання й контролю працездатності. Технологічні процеси ремонту містять рекомендації щодо порядку, режиму й нормативів часу на демонтажах і розбиранні об'єкта ремонту, дефектації, ремонту деталей і складальних одиниць, збирання й випробування відремонтованої машини або її складових частин;

- *технічна оснащеність робіт при ТО й ремонті*. Технічна озброєність фахівців, що здійснюють ТО й ремонт, впливає на величину витрат часу й праці та якість технічного обслуговування й ремонту. Види й кількість технологічного устаткування, що використовується при ТО й ремонті машини кожного типу, встановлюють відповідно до вимоги відносно часу і якості технічного обслуговування й ремонту та економічної ефективності його застосування.

Конструктивні, виробничо-технологічні й експлуатаційні фактори безпосередньо або побічно впливають на ремонтпридатність машин і кількісні значення характеристик, які використовуються для оцінювання і виконання ремонту.

Показники ремонтпридатності

Показники ремонтпридатності для конкретних видів машин і умов їхньої експлуатації, повинні задовольняти певним вимогам, зокрема:

- забезпечувати можливість їхнього кількісного задавання й визначення статистичними методами на етапах створення, випробувань та експлуатації машин;

- давати можливість оцінювати найбільш істотні фактори, що характеризують пристосованість виробу до ремонту й технічного обслуговування, і бути чутливими до їхньої зміни;
- забезпечувати можливість проведення порівняльного оцінювання однотипних машин, що працюють у різних організаційно-технічних умовах експлуатації;
- давати змогу проводити порівняльне оцінювання машин різного типу, які призначені для виконання однакових функцій і працюють в однакових організаційно-технічних умовах.

Показники ремонтопридатності класифіковані за такими ознаками:

- залежно від їхньої важливості: основні (нормовані) і додаткові (не нормовані);
- залежно від виду оцінюваної властивості: власної ремонтопридатності, технологічності при ТО, технологічності при ремонті;
- залежно від оцінюваної сторони ремонтопридатності: оперативні й економічні;
- залежно від виду: одиничні й комплексні.

Основні показники характеризують пристосованість конструкції машини або її окремих частин до ТО й ремонту відповідно до вимог технічного завдання на проектування або технічні умови на виготовлення.

Додаткові показники характеризують менш істотні властивості конструкції машини й окремих факторів ремонтопридатності.

Показники власної ремонтопридатності характеризують комплексну пристосованість конструкції машини до підтримки й відновлення працездатності.

Показники технологічності при обслуговуванні характеризують пристосованість конструкції машини до робіт, виконуваних під час її технічного обслуговування.

Показники технологічності під час ремонту характеризують пристосованість конструкції машини або її окремих частин до робіт, здійснюваних під час ремонту.

Економічні показники характеризують витрати праці й коштів на здійснення заходів, пов'язаних з технічним обслуговуванням і ремонтом.

Одиничні показники характеризують будь-яку одну властивість або сторону ремонтопридатності. Комплексні показники характеризують декілька або всю сукупність властивостей машини, які визначають її ремонтопридатність.

Залежно від призначення машин і виконуваних ними функцій, а також змісту системи технічного сервісу вибирається той або інший склад основ-

них показників ремонтпридатності. Додаткові показники є тими керованими змінними, впливаючи на які можна забезпечувати задані вимоги за ремонтпридатністю.

Багато показників ремонтпридатності мають функції й інших властивостей надійності машин, наприклад, безвідмовності й довговічності.

Основні показники ремонтпридатності повинні задаватися в технічному завданні на проектування й оцінюватися під час розроблення конструкції й виготовлення машин, у процесі їхніх випробувань та експлуатації.

Виходячи з призначення машин, характеру виконуваних ними функцій та інших факторів, основну увагу при встановленні складу показників ремонтпридатності та їхньої оцінки необхідно приділяти показникам власне ремонтпридатності, технологічності під час ТО й ремонту або різних поєднаннях цих трьох показників.

До одиничних показників власне ремонтпридатності належать: середній час відновлення, імовірність відновлення в заданий час, інтенсивність відновлення, а до техніко-економічних показників – середні й питомі витрати праці й коштів на технічне обслуговування та ремонт. З урахуванням показників ремонтпридатності визначаються й комплексні показники надійності: коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання й коефіцієнт простоїв.

Показники ремонтпридатності за визначенням багато в чому схожі з показниками безвідмовності. Відмінність полягає в тому, що в безвідмовності розглядаються випадки настання відмови об'єкта із втратою його працездатності, а в ремонтпридатності розглядаються випадки відновлення працездатності об'єкта після відмови.

Під середнім часом відновлення T_B розуміють математичне очікування часу відновлення працездатності об'єкта. За законом щільності розподілу, середній час відновлення T_B визначають за формулою

$$T_B = \int_0^{\infty} t \cdot f_B(t) \cdot dt, \quad (2.50)$$

де $f_B(t)$ – щільність розподілу часу відновлення.

Оцінюючи середній час відновлення за статистичним даними, отриманими внаслідок випробування або експлуатації, цей показник визначають за формулою (2.45).

З урахуванням щільності розподілу часу відновлення, ймовірність відновлення машин у заданий час

$$P_B(t) = \int_0^t f_B(t) \cdot dt \quad (2.51)$$

Статистичне значення ймовірності відновлення

$$P_B^*(t) = \frac{N_B(t + \Delta t) - n_B(t + \Delta t)}{N_B(t + \Delta t)}, \quad (2.52)$$

де $n_B(t + \Delta t)$ – кількість об'єктів, не відновлених за проміжок часу від t до $t + \Delta t$; $N_B(t + \Delta t)$ – загальна кількість об'єктів, що підлягають відновленню за той самий інтервал часу.

Інтенсивність відновлення $\mu(t)$ характеризує ймовірність відновлення працездатності об'єкта за одиницю часу:

$$\mu(t) = \frac{f_B(t)}{P_B(t)}. \quad (2.53)$$

Статистичне оцінювання інтенсивності відновлення

$$\mu^*(t) = \frac{m(t + \Delta t)}{N_B(t + \Delta t) \cdot \Delta t}, \quad (2.54)$$

де $m(\Delta t)$ – кількість відновлених об'єктів в інтервалі часу від t до $t + \Delta t$; Δt – розглянутий проміжок часу.

До комплексних економічних показників ремонтпридатності належать:

- середні витрати коштів на ТО й ремонт $B_{кТО}$ і $B_{кР}$;
- середні витрати праці на ТО й ремонт $B_{пТО}$ і $B_{пР}$;
- сумарні витрати коштів на ТО й ремонт $B_{к\Sigma}$;
- сумарні витрати праці на ТО й ремонт $T_{T\Sigma}$;
- питомі витрати коштів на ТО й ремонт $B'_{к\Sigma}$;
- питомі витрати праці на ТО й ремонт $B'_{п\Sigma}$.

Середні витрати коштів і праці на технічне обслуговування й ремонт визначаються за залежностями, аналогічними для середнього часу відновлення. Питомі витрати засобів визначають у вигляді співвідношення середніх витрат до вартості машини, а питомі витрати праці – до відповідного напрацювання. Залежно від розв'язуваного завдання ці показники можуть бути використані для оцінювання тільки пристосованості машини до ТО або тільки до ремонту.

Для комплексного економічного оцінювання надійності машини застосовується економічний коефіцієнт технічного використання $K_{\text{е.т.в.}}$:

$$K_{\text{е.т.в.}} = \frac{C_1 \cdot T_0 - C_2 \cdot T_{\text{в}} - C_3 \cdot T_{\text{ТО}}}{C_1 \cdot (T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{ТО}})}, \quad (2.55)$$

де C_1 – прибуток за 1 мото-год. роботи машини; C_2 – збитки за 1 мото-год. раптового простою; C_3 – збитки за 1 мото-год. планового простою.

Економічний коефіцієнт технічного використання являє собою відношення чистого прибутку від роботи машини до того прибутку, який можна було б одержати, якщо машина була б працездатною весь календарний час.

Показники технологічності машин під час обслуговування визначають витрати часу, праці й коштів на її ТО в процесі експлуатації.

Найпоширенішими показниками технологічності машини при обслуговуванні є оперативні показники: середній час проведення i -того виду ТО, коефіцієнти взаємозамінності, кратності ТО, кратності термінів служби конструктивних елементів.

Коефіцієнт взаємозамінності – це співвідношення кількості взаємозамінних елементів, деталей і складальних одиниць у машині розглянутого виду до загальної кількості елементів.

Вимога до кратності (або рівної періодичності) ТО, кратності термінів служби елементів машини є однією з найважливіших вимог ремонтпридатності. Раціональне вирішення цього питання дає змогу підвищити продуктивність праці, скоротити час простою машини й витрати на її ТО й ремонт.

Найпоширенішими показниками технологічності машини при ремонті є оперативні: середній час проведення i -того виду ремонту (ремонт регулюванням, ремонт заміною тощо), коефіцієнт відновлення ресурсу під час ремонту, коефіцієнт застосовності i -того виду ремонту.

Через конструктивні недоліки виробу, а також застосовуваних методів відновлення коефіцієнт відновлення ресурсу в багатьох випадках становить 0,3...0,4 від первісного. У той же час досвід ремонту деяких видів машин, а також проведення ремонту на спеціалізованих ремонтних заводах показує, що можна збільшити вторинний ресурс до 0,8...1 від первинного, а під час проведення модернізації «слабких» вузлів машини – навіть більше ніж на одиницю.

2.6. Взаємозамінність

Взаємозамінність – це властивість конструкції агрегатів та елементів машин, що забезпечують можливість збирання й заміни при відмовах, ТО й ремонті без виконання припасувальних робіт будь-яких, незалежно виготовлених агрегатів і конструктивних елементів.

Повна взаємозамінність досягається, якщо збирання або заміна агрегатів та елементів машини здійснюються без додаткових їхніх оброблень, підбирання або регулювання, якщо буде забезпечено експлуатаційні показники у заданих межах.

При *неповній взаємозамінності* підбираються агрегати й елементи, виконуються припасувальні роботи, застосовуються компенсатори й здійснюються інші технологічні заходи.

Фактори взаємозамінності, що характеризуються обсягом припасувальних робіт і складністю підготовки при заміні, називаються *прямими*. Фактори взаємозамінності, що характеризуються тривалістю й складністю ремонту, є *непрямими*, оскільки в них взаємозамінність проявляється через імовірність і необхідність створення обмінного фонду.

Складність заміни елементів визначається двома ознаками:

- можливістю заміни частин машин під час експлуатації;
- можливістю заміни частин у процесі ремонту.

Складність і тривалість ремонту характеризується такими факторами:

- можливістю успішного ремонту частин машини взагалі;
- можливістю проведення ремонту частин машини в заданий час.

Перший із цих факторів – одна з основних ознак розподілу конструктивних елементів на ремонтовані й неремontовані. Другий фактор характеризує в основному простоту ремонту та його вартість.

Загальні вимоги із забезпечення взаємозамінності складальних одиниць, вузлів, агрегатів і деталей машин при ТО й ремонті можна сформулювати так:

- елементи, що знімаються і замінюються під час ТО й ремонту машин, повинні мати геометричну й функціональну взаємозамінність;
- експлуатаційно-ремонтні допуски варто призначати з урахуванням збереження необхідної якості частини машини й можливості перестановки її на іншу машину під час технічного обслуговування й ремонту;
- при конструктивному поліпшенні машин та їхніх складових елементів замінені частини повинні зберігати взаємозамінність із колишніми конструкціями;
- для збирання без припасування, установки, монтажу елементів, які виконані з відхиленнями в межах допуску, у з'єднаннях конструкцій необхідно передбачати технологічні компенсатори у вигляді прокладок, шайб, отворів збільшених діаметрів, еліптичних отворів, регульованих наконечників та ін.

Методи й засоби забезпечення взаємозамінності

Щоб забезпечити виробничі та експлуатаційні вимоги, машину розчленовують на вузли, складові одиниці і блоки, передбачаючи для цього необхідні рознімання, а також вирізи для доступу до окремих частин машини під час експлуатації. Конструктивне з'єднання частин машин виконується у вигляді рознімання і стикування.

Рознімання – це з'єднання, що припускає деякі переміщення або зміни положення однієї частини машини (агрегату, конструктивного елемента) відносно іншої.

Стикування – таке з'єднання частин машини, при якому в процесі її експлуатації не допускається переміщення однієї частини відносно іншої.

Технологічні стикування й рознімання створюються з міркувань доцільної організації виробництва, ТО й ремонту, застосування раціональної технології виготовлення, відновлення деталей та їхнього збирання.

Для підвищення ремонтпридатності в машинах та їхніх конструктивних частинах передбачаються *експлуатаційні стикування й рознімання*. Вони створюються за вимогами ремонтної технологічності для застосування оптимальної технології ТО й ремонту.

Важливим завданням є забезпечення взаємозамінності агрегатів за конструктивно-експлуатаційними розніманнями, які класифікуються в такий спосіб.

ла нцеві рознімання – за формою в плані можуть бути круглими, еліптичними, прямокутними. Базовими поверхнями таких рознімань є привалочні поверхні й отвори під стикові болти, шпильки, штифти. Застосування фланцевих рознімань забезпечує повну взаємозамінність за стиковими елементами агрегатів. Зазвичай, фланцеві рознімання тверді. Наявність однієї площини рознімання дає змогу обробляти привалочні поверхні за одну установку інструмента.

Вушкові рознімання, як і фланцеві належать до нерухомих. Повна взаємозамінність складальних одиниць за розніманням забезпечується перпендикулярністю осей отворів до привалочних поверхонь, що повинно бути виконано з високою точністю. Вушкові рознімання є багатоповерхневими.

Телескопічні рознімання бувають різними за формою в плані. За базові поверхні при збиранні складальних одиниць тут використовують отвір для стикових болтів, привалочні площини.

Стрічкові рознімання застосовують для закріплення силових і несильових агрегатів. Складальними базами є отвори стикових болтів і поверхні перерізів агрегатів. Для таких рознімань характерні високі вимоги до точності ув'язування агрегатів по обводах. Такі рознімання нетехнологічні при технічному обслуговуванні й ремонті, оскільки не можна застосувати компенсаторів.

Усі перераховані вище рознімання належать до *рознімань нерухомого типу*.

До *рознімань рухомого типу* належать шарнірні, цапфові, шліцьові і комбіновані.

Шарнірні рознімання мають, принаймні, один ступінь свободи. Конструктивно вони виконуються по-різному; в багатьох розніманнях використовуються, зазвичай, зчленування «вуха-виделка». Складальними базами в цих розніманнях є отвори шарнірів і отвори в складальних одиницях, що стикаються.

Цапфові рознімання складаються з елементів ковзання й кочення кульових опор. Як складальні бази використовуються отвори цапфи й торцеві привалочні площини. Цапфові рознімання досить технологічні під час технічного обслуговування й ремонту машин, оскільки допускають наявність компенсації лінійних зсувів і відхилень осі.

Шліцьові рознімання складаються з рейок і роликів або кареток. Рейки можуть бути прямолінійними й криволінійними із кривизною у двох площинах. Складальною базою тут є поверхня рейки. Ці рознімання допускають застосування компенсаторів для регулювання зазорів.

Комбіновані рознімання можуть бути рухомими і нерухомими. Комбінованим називається таке рознімання, стикові елементи якого належать до різних класів, наприклад, поєднання фланцевого й стрічкового, шарнірного й цапфового, вушкового й стрічкового та ін. Складальними базами таких рознімань є отвори, привалочні площини, поверхні перерізу агрегатів, тобто елементи, характерні, наприклад, для вушкового, фланцевого й шарнірного рознімань.

Залежно від засобів забезпечення взаємозамінності всі деталі й складальні одиниці машини поділяються на чотири групи.

До *першої групи* належать деталі й складальні одиниці. Вони мають порівняно прості геометричні форми й достатню твердість, їх можна виготовляти й збирати безпосередньо за кресленнями. При цьому деталі, що сполучаються, виготовляють незалежно одну від одної, їхні геометричні характеристики перевіряються універсальними засобами відповідно до діючої системи допусків і посадок.

До *другої групи* належать листові й профільні деталі, а також деталі й складальні одиниці, виготовлені обробленням складних поверхонь. Для забезпечення взаємозамінності деталей цієї групи застосовують еталонно-шаблонний метод ув'язування, тобто виготовляють спеціальні еталони поверхонь деталей, які є носієм не тільки розмірів, а й форм поверхонь. Способом безпосереднього копіювання переносять форму й розміри на пристрій, а потім – із нього на деталь.

До *третьої групи* належать складні деталі, складальні й зварені одиниці включно з усіма складальними панелями, секціями й агрегатами. Для забезпечення їхньої взаємозамінності застосовують спеціальне оснащення. Точне перенесення стиків параметрів з еталонів на частині машин дає змогу забезпечити їхню повну взаємозамінність – як виробничу, так і експлуатаційну. Взаємозамінність агрегатів за їхніми розніманнями забезпечуються значною мірою при остаточному обробленні рознімань на спеціальних обробних стендах. Тут потрібно забезпечити взаємозамінність не тільки посадкових місць деталей і складальних одиниць, а й взаємозамінність конфігурації та взаємного їхнього розміщення у виробі.

До четвертої групи деталей і складальних одиниць належать: комплектуючі вироби системи, монтажні-складальні панелі, комутаційні щитки, коробки й блоки, а також кріпильні елементи. Взаємозамінність елементів цієї групи досягається шляхом установаження комплектуючих, які не потребують підгинання і припасувань, скомплектованих роз'їмами та клепами; під час виконання монтажних робіт та процесів, не утворюється стружка.

Технологічними методами забезпечення взаємозамінності є:

- установка складальних одиниць на спеціальних складальних стендах;
- установка складальних одиниць за калібрами;
- установка елементів з використанням компенсаторів;
- установка складальних одиниць у стапелях збирання за фіксаторами.

Для оцінювання впливу взаємозамінності на ремонтпридатність машин використовуються ряд показників, зокрема:

- коефіцієнт сумарної взаємозамінності

$$K_{c.v} = \frac{N_b}{N_0}, \quad (2.56)$$

де N_b – кількість взаємозамінних конструктивних елементів машин; N_0 – загальна кількість конструктивних елементів у машині;

- коефіцієнт ремонтної взаємозамінності машини $K_{p.v}$, який характеризує обсяг припасувальних робіт у загальній трудомісткості заміни складальних одиниць машини,

$$K_{p.v} = \frac{\sum_{i=1}^{N_3} t_{ni}}{\sum_{i=1}^{N_3} T_{зарj}}, \quad (2.57)$$

де t_{ni} – трудомісткість припасувальних робіт під час заміни i -того конструктивного елемента; $T_{зарj}$ – загальна трудомісткість робіт із заміни i -того конструктивного елемента машини; N_3 – кількість замінних конструктивних елементів машини.

Аналогічно знаходять коефіцієнт ремонтної взаємозамінності складальної одиниці або агрегату $K_{p.v.a}$, що визначає частку припасувальних робіт у загальній трудомісткості заміни i -тої складальної одиниці.

Середню трудомісткість припасувальних робіт $T_{\text{пр.серед}}$, виконуваних при заміні складальних одиниць, агрегатів машини, визначають за формулою

$$T_{\text{пр.серед}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_3} t_{ni}}{N_3}. \quad (2.58)$$

Визначається також вартість припасувальних робіт при заміні складальних одиниць, що представляється у вигляді суми витрат на спеціальне устаткування, заробітну плату та на вартість матеріалів.

Контролепридатність машин

Під контролепридатністю машин та їхніх елементів розуміють пристосованість їх до виконання необхідних операцій контролювання технічного стану. Вимоги до контролепридатності можуть висуватися в якісній і кількісній формах. В останньому випадку вони представляються у вигляді певних числових характеристик – показників контролепридатності.

Методи контролю технічного стану є суб'єктивні й об'єктивні.

Суб'єктивні методи дають змогу оцінювати технічний стан складових частин тракторів за кольором вихлопних газів, місцями підтікання рідини, характером шумів і гуркотів, за ступенем нагрівання механізмів і т.д. За цими симптомами установлюють програму виявлення несправності. Позитивним фактором цих методів є низька трудомісткість діагностування й відсутність засобів вимірювання. Однак результати діагностування цими методами багато в чому залежать від досвіду й кваліфікації обслуговуючого персоналу. Недолік цих методів, крім їхньої великої погрішності, полягає в неможливості прогнозувати несправності й запобігати їм. *Суб'єктивні методи* діагностування (візуальний огляд, вислуховування, перевірка механізмів на «дотик», «за запахом»), дають можливість характеризувати якісні відхилення стану складових частин трактора від норми.

Об'єктивні методи контролю ґрунтуються на використанні вимірювальних приладів. При цьому контрольовані параметри умовно розділяють на три групи, залежно від режиму й фізичної сутності їхнього формування: функціональні; структурні; параметри супутніх процесів.

Об'єктивні методи діагностування, що передбачають застосування спеціальних приладів, стендів та іншого устаткування, дають змогу кількі-

сно вимірювати параметри технічного стану тракторів, які поступово змінюються при напрацюванні й у зв'язку зі зношуванням деталей. Знаючи граничні й допустимі значення параметрів, можна прогнозувати втрату працездатності й вживати відповідних заходів.

Під якісними вимогами контролепридатності машин розуміють вимоги до складу матеріалу, конструктивного оформлення й взаємного розміщення елементів, при дотриманні яких здійснюють контроль існуючими або відомими методами й засобами всіх дефектів, процесів і явищ, можливих причин зниження ефективності функціонування машин у певних умовах застосування. Для якісного контролю стану машини засобами технічної діагностики, необхідно мати конкретну інформацію про дефекти й процеси, що є причинами відмов деталей і складальних одиниць машини.

Види інформації про дефекти й процеси є основними причинами втрати працездатності машини.

Геометрична інформація дає змогу забезпечити контроль і виміри геометричної відтворюваності точних деталей, складальних одиниць, машин у цілому.

Механічна інформація дає можливість контролювати механічну міцність і твердість деталей, складальних одиниць і машин у цілому, а також усіх видів зчленувань і з'єднань.

Теплова інформація створює умови для контролювання розподілу теплових полів машини або їхніх елементів.

Інформація про герметизацію дає можливість судити про дефекти герметичності, ступінь вакуумної щільності матеріалів оболонок і місць з'єднання в контрольованих машинах.

Інформація про зміст середовища створює можливість судити про склад, тисків і динаміку зміни характеристик газових, рідинних засобів, що заповнюють відповідні ємності.

Інформацію про стан поверхонь спрямовано на одержання даних про активні поверхні машин, ступінь відтворюваності й стабільності властивостей, про нанесення й геометрію захисних шарів, плівок і покриттів.

Структурну інформацію спрямовано на одержання даних про структурну кристалографічну й фазову відтворюваність і ступінь стабільності відповідальних елементів, а також ступінь досконалості структури монокристалічних матеріалів, стабільність видів і розподілу дефектів у просторі й часі.

Хімічна інформація про матеріали, що являють собою тверді тіла, передбачає одержання необхідних даних про ступінь відтворюваності заданого хімічного складу при виробництві й стабільність при експлуатації.

Магнітну, електричну, електромагнітну інформацію спрямовано на оцінювання відтворюваності при виробництві (ремонті) і стабільності в часі й у просторі (при експлуатації) топографії й характеристики магнітних, електричних та електромагнітних полів, утворених зовнішніми й внутрішніми джерелами, тобто включає інформацію про скранування відповідних полів.

Акустичну інформацію спрямовано на оцінювання відтворюваності при виробництві, ремонті й стабільності розподілу в часі й просторі інтенсивності й спектрального складу, що виникають при експлуатації акустичних, у тому числі й ультразвукових полів.

Як приклад, розглянемо якісні ознаки й параметри технічного стану, які оцінюються при технологічних операціях контролю діагностичних параметрів при проведенні ТО тракторів.

При ТО-1 перевіряють:

- прогин ременя вентилятора – геометрична інформація;
- засміченість повітроочисника – інформація про зміст середовища;
- напругу акумуляторних батарей – електрична інформація;
- рівень електроліту – інформація про зміст середовища.

При ТО-2, крім діагностичних параметрів, що входять до складу операцій ТО-1, перевіряють:

- герметичність повітряного внутрішнього тракту – інформація про герметизацію;
- вільний і повний хід педалей гальм і муфти зчеплення – геометрична інформація;
- частоту обертання центрифуги – механічна інформація;
- перепад тиску в паливній системі – інформація про зміст середовища;
- зусилля на гальмовій педалі, легкість перемикання передач – механічна інформація;
- збіжність керованих коліс – геометрична інформація.

При ТО-3, крім діагностичних параметрів, які входять до складу ТО-1 і ТО-2, необхідно перевірити стан контрольно-вимірювальних приладів, визначити діагностичні параметри мастильної системи й системи охолодження двигуна, кривошипно-шатунного механізму циліндропоршневої групи, масляного насоса, механізму газорозподілу, паливного насоса, філь-

тра тонкого очищення палива, трансмісії, ходової системи, гідропідсилювача рульового керування, гідравлічної навісної системи й електроустаткування.

Аналіз нормативно-технічної документації за пристосованістю машин до діагностування й контролепригодністю дає змогу визначити номенклатуру діагностичних параметрів, які контролюють при ТО (регламентне діагностування) і при визначенні потреби складових частин у ремонті (ресурсне діагностування). Залежно від важливості параметрів для оцінювання технічного стану, їх можуть контролювати безупинно або періодично. Наприклад, трактор діагностують не менше, ніж за 42 параметрам, при цьому 12 з них контролюють безупинно за допомогою показників і сигналізаторів, інші 30 – з використанням зовнішніх засобів періодичного контролю, а ресурсне діагностування проводять за допомогою зовнішніх засобів за 9 параметрами.

Кількісні показники контролепридатності машин дають змогу оперативно оцінювати пристосованість машин до оцінювання їхнього технічного стану, а також виконувати порівняльний аналіз різних зразків аналогічних машин, різних систем технічного сервісу. Під час вибору кількісних показників контролепридатності необхідно вказати або вибрати критерії оцінювання, а також визначити числові значення цих критеріїв, при досягненні яких виріб вважається контролепридатним.

Можливі два способи встановлення показників оцінювання контролю придатності. Першим з них устанавлюють деякі комплексні показники різних сторін цієї властивості. Такими показниками можуть бути:

- коефіцієнт загальної контролепридатності

$$K_{к.заг} = \frac{N_{к}}{N_{к.зак}}, \quad (2.59)$$

де $N_{к}$ – кількість елементів машини, пристосованих до контролю їхнього технічного стану в процесі експлуатації машин різними способами; $N_{к.зак}$ – загальна кількість елементів, які в процесі експлуатації необхідно контролювати;

- коефіцієнт пристосованості до i -того методу контролю

$$K_{ki} = \frac{N_{ki}}{N_{к.заг}}, \quad (2.60)$$

де N_{ki} – число елементів машини, пристосованих до контролю технічного стану за i -тим методом;

- коефіцієнт контролепридатності машини

$$K_k = 1 - \frac{N_{кз}}{N_{кз} + N_{к.бз}}, \quad (2.61)$$

де $N_{кз}$ – кількість агрегатів, які потрібно знімати з машини для контролю параметрів; $N_{к.бз}$ – кількість агрегатів, контрольованих без знімання з машини.

Другим способом визначення кількісних показників контролепридатності встановлюють деякі окремі показники, що охоплюють її певні властивості й дають змогу оцінювати час, повноту, глибину й вірогідність при перевірці технічного стану машини.

Основним показником, який кількісно характеризує пристосованість машини до діагностування технічного стану, є оперативна трудомісткість діагностування за розрахунковий період. До кількісних оцінок контролепридатності належать показники середнього часу й трудомісткості підготовки до проведення діагностування, коефіцієнти трудомісткості діагностування, повноти, глибини й надмірності перевірки працездатності.

Розглянемо розрахункові залежності для визначення приватних кількісних показників при оцінюванні контролепридатності.

Середній час підготовки об'єкта до діагностування

$$T_d = T_{y.z.n} + T_{m.d.p}, \quad (2.62)$$

де $T_{y.z.n}$ – середній час установаження й знімання приладів та інших пристроїв, необхідних для підготовки до діагностування (розкриття люків, розбирання стиків і рознімань, знімання блоків і т.д.); $T_{m.d.p}$ – середній час монтажних-демонтажних робіт для забезпечення доступу до контрольних точок і приведення об'єкта у вихідний стан після діагностування.

Середня трудомісткість підготовки машини до діагностування

$$S_d = S_{y.z.n} + S_{m.d.p}, \quad (2.63)$$

де $S_{у.з.п}$ – середня трудомісткість установалення й знімання приладів та інших пристроїв, необхідних для підготовки до діагностування (розкриття люків, розбирання стиків і рознімань, зняття блоків і т.д.); $S_{м.д.р}$ – середня трудомісткість монтажних-демонтажних робіт для забезпечення доступу до контрольних точок і приведення об'єкта у вихідний стан після діагностування.

Повнота й ефективність контролю. Для кількісного оцінювання повноти контролю застосовують співвідношення кількості контролепридатних параметрів до загального числа всіх параметрів, необхідних для оцінювання працездатності машини.

Основною вимогою до повноти контролю є таке. У машині та її агрегатах протягом міжремонтного періоду необхідно збільшення інтенсивності відмов в експлуатації не перевищувало величини, заданої при вихідному контролі. Машина вважається контролепридатною у сенсі показника ефективності для певної системи контролю, якщо при її контролюванні забезпечується досягнення заданих величин повноти, вірогідності й вартості контролю. Ці показники контролепридатності визначаються в такий спосіб.

Коефіцієнт повноти перевірки справності, працездатності або правильності функціонування

$$K_{п.п.i} = \frac{n_{ki}}{n_{0i}}, \quad (2.64)$$

де n_{ki} – кількість діагностичних параметрів для i -тої перевірки; n_{0i} – кількість параметрів технічного стану, використання яких забезпечує методичну вірогідність i -тої перевірки.

Коефіцієнт глибини пошуку дефекту

$$K_{г.п} = \frac{F}{R}, \quad (2.65)$$

де F – кількість однозначно помітних складових частин об'єкта під час контролю технічного стану на прийнятному рівні розподілення з точністю, до якої визначається місце дефекту; R – загальна кількість складових частин.

Коефіцієнт надмірності при контролі технічного стану

$$K_n = \frac{G_o - G_d}{G_o}, \quad (2.66)$$

де G_o – маса або об'єм об'єкта діагностування; G_d – маса або об'єм складових частин, уведених для діагностування об'єкта.

Коефіцієнт уніфікації параметрів сигналів при діагностуванні

$$K_y = \frac{b_y}{b_3}, \quad (2.67)$$

де b_y – кількість уніфікованих сигналів об'єкта, використовуваних під час діагностування; b_3 – загальна кількість параметрів сигналів, що використовуються під час діагностування.

Коефіцієнт трудомісткості підготовки до діагностування

$$K_{тд} = \frac{S_o}{S_o + S_d}, \quad (2.68)$$

де S_o – основна трудомісткість при діагностуванні; S_d – середня трудомісткість підготовки об'єкта до діагностування.

Вірогідність контролю. Під чисельною характеристикою достовірності контролю розуміють величину, що показує правильність результатів, які видає система контролю. Вимоги щодо достовірності контролю в сенсі контролю придатності машини можна сформулювати в такий спосіб. Конструкція машини повинна бути побудована так, щоб при використанні вибраних елементів, а також програми й засобів їхнього контролю досягалася достовірність установаження елемента, який відмовив, на необхідному рівні.

Глибина контролю. Під глибиною контролю розуміють кількісну характеристику ступеня деталізації, за яким встановлюють місце виниклої або прогнозованої відмови. Для контрольованої машини за характеристику глибини контролю E прийнято відношення

$$E = \frac{\log_2 n}{\log_2 N}, \quad (2.69)$$

де n – кількість елементів машини, в яких може бути встановлено факт відмови із заданою вірогідністю; N – загальна кількість елементів.

Під час розрахунку показників для кожного виду виробу встановлюють категорію контролепридатності. Наприклад, для перевірки справності, працездатності й функціонування трактора Т-150ДУ встановлено 15 категорію контролепридатності. Для цієї категорії наведено основні показники контролепридатності трактора Т-150ДУ:

- середній час підготовки трактора до діагностування певною кількістю фахівців – 2,83 год.;
- середня трудомісткість підготовки трактора до діагностування – 5,711 люд.-год.;
- коефіцієнт повноти перевірки справності – 0,858;
- коефіцієнт глибини пошуку дефекту – 0,823;
- коефіцієнт надмірності – 0,167;
- коефіцієнт використання спеціальних засобів діагностування – 1,0;
- коефіцієнт уніфікації параметрів сигналів – 0,8;
- коефіцієнт трудомісткості підготовки трактора до діагностування – 0,368.

Наведені показники об'єктивно характеризують рівень пристосованості конструкції трактора Т-150К до діагностування й можуть бути використані для порівняльної оцінки з тракторами інших моделей вітчизняного й закордонного виробництва. Важливим фактором, що визначає пристосованість трактора до діагностування, є також доступність до об'єкта контролю. Він істотно впливає на трудомісткість і вартість виконання операції й характеризується коефіцієнтом доступності. Значення коефіцієнта доступності діагностування трактора Т-150 К за видами ТО: ЩТО – 0,95; ТО-1 – 0,63; ТО-2 – 0,54; ТО-3 – 0,36.

Значну роль в ефективності ТО й забезпеченні можливості контролю об'єкта відіграє поліпшення організації цих робіт. Загальна вимога до організації робіт з ТО й діагностування така: ТО й діагностування повинні проводитися кваліфікованим персоналом з періодичністю, передбаченою інструкцією з експлуатації трактора, відповідно до вимог чинної нормативної документації, із застосуванням стаціонарних і пересувних засобів спільного контролю.

Контрольні запитання

1. Чому теорія надійності є теоретичною основою технічного сервісу машин?
2. Які властивості забезпечують надійність машини?
3. Чим справний стан машини відрізняється від працездатного?
4. У чому відмінність непрацездатного стану машини від граничного?
5. Які види відмов машин вам відомі?
6. Головні причини порушення міцності елементів машин.
7. Які існують види зношування деталей сільськогосподарської техніки?
8. Назвіть кількісні показники безвідмовності.
9. Назвіть кількісні показники довговічності.
10. Перелічіть комплексні показники надійності.
11. Які існують методи і засоби забезпечення взаємозамінності?
12. Що називається контролепридатністю машини?

Розділ 3

ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ МАШИН

3.1. Умови технічної експлуатації

Підтримка й відновлення працездатного стану сільськогосподарської техніки – найважливіше завдання технічного сервісу в АПК. Більшу частину сільськогосподарської техніки як за кількістю, так і за трудомісткістю ТО й ремонту представляють трактори. Тому розглянемо методи оцінювання технічної експлуатації й забезпечення їхньої працездатності.

Забезпечення працездатності тракторів на будь-якому етапі їхньої експлуатації набагато залежать від правильної оцінки засобів і дій, що визначають стан умов експлуатації, а також умови або рівень технічного забезпечення експлуатації. Головне в цих умовах – стан ТО, ремонтної бази, якості очищення й заправлення маслами та паливом, якість зберігання тракторів, ступінь підготовки персоналу, що обслуговує техніку.

На працездатність тракторів у процесі експлуатації істотно впливають: порушення періодичності операцій ТО й повнота їхнього виконання; якість ремонту й місце його проведення, відповідність застосовуваних сортів мастила та його якості, рекомендованих інструкцією тощо. Усе це потребує не тільки якісного, а й кількісного аналізу, тобто необхідна кількісна оцінка факторів, що впливають на працездатність складових частин і складальних одиниць сільськогосподарської техніки.

Оцінивши якісно й кількісно рівень технічної експлуатації машин, можна більш правильно й цілеспрямовано вибрати необхідний вид профілактичного впливу й визначити оптимальні шляхи його виконання. Сільськогосподарська техніка в процесі експлуатації перебуває під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів, що безупинно змінюються. Кількість зовнішніх факторів прийнято рівною шести. Для різних умов експлуатації тракторів допустима така кількість зовнішніх факторів:

$$|b| \leq \frac{1}{4h \frac{\|f(t)\|}{\|y_1\| \left\| 1 - \frac{y_1}{y_2} \right\|} \max \left[\left(\frac{y_1}{y_2} \right) + \left(\frac{y_1}{y_2} \right)^2 \right]}; \quad h^{-1} = |\delta_1(0) - \delta_2(0)|, \quad (3.1)$$

де $\delta_1(0)$, $\delta_2(0)$ – номінальні значення характеристичних чисел; h – задане допустиме відхилення; b – зовнішні фактори; y_1, y_2 – вихідні параметри, що характеризують показники надійності; $f(t)$ – функція, що враховує зміну зовнішнього фактора за часом.

Розрахунки загальної кількості зовнішніх факторів, виконані за формулою (3.1), зокрема для відхилень від правил експлуатації й ТО тракторів у реальних умовах експлуатації, показують, що при $b > 4$ різко погіршується надійність роботи агрегатів. Такий підхід дає можливість одержати загальну оцінку впливу кількості зовнішніх факторів на експлуатаційну надійність трактора, однак не відбиває ступеня впливу кожного з них і не враховує їхнього взаємного впливу. Крім того, через складність проведення розрахунків застосування цього методу в практиці експлуатації тракторів має певні труднощі. Щоб практично застосувати методи оцінювання технічної експлуатації тракторів (ТЕТ), беруть оцінку за сукупністю організаційно-технічних факторів, формалізованих через окремі й узагальнені показники.

Окремі й узагальнені показники. Рівень технічної експлуатації тракторів оцінюють за два етапи. Перший – оцінювання рівня через окремі показники по кожному фактору окремо. Другий – оцінювання по узагальненому (або комплексному) показнику – за всіма факторами в цілому.

Окремі показники визначають у вигляді добутку показників за формулою

$$K_j^o = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}, \quad (3.2)$$

де K_j^o – окремий показник рівня ТЕТ j -го узагальнюючого фактора; d_i – значення (оперативне) i -того визначального фактора залежно від рівня його реалізації в експлуатації; n – кількість визначальних факторів для i -го узагальненого фактора; j – порядковий номер узагальнених факторів.

У формулі (3.2) значення K_j^o визначають як середнє геометричне оперативних значень визначальних факторів. Окремі показники мають бути такими, щоб їхнє мінімальне значення не було меншим від мінімуму, а максимальне – не більшим від максимуму кожного зі складових його оперативних значень визначальних факторів. Причому окремий показник максимальний у тому випадку, якщо всі оперативні значення також відповідають цьому максимуму.

Узагальнений показник K_y визначають за формулою

$$K_y = \frac{\sum_{j=1}^5 K_j \varphi_j}{0,95 \sum_{j=1}^5 \varphi_j} \quad (3.3)$$

де φ_j – вагомість j -того узагальненого фактора, значення якого наведено в табл. 3.1.

У результаті чим ближче до одиниці значення узагальненого показника K_y , тим вищий рівень експлуатації в оцінюваному господарстві.

3.2. Рівні технічної експлуатації

Працездатність тракторів значною мірою визначається рівнем їхньої технічної експлуатації, тобто високоякісним технічним сервісом, якістю палива й оливи, зберіганням, а також ступенем підготовленості обслуговуючого персоналу. У той же час кожний з названих факторів також функціонально залежить від ряду інших, які, в свою чергу, можуть перебувати в залежності ще від якихось факторів.

Для різних факторів, що визначають технічну експлуатацію тракторів, є класифікація, яка містить у собі узагальнені фактори, а також фактори, що їх визначають, і різні стани рівня визначальних факторів. За цією класифікацією прийнято, що кожний з визначальних факторів може перебувати на кожному з чотирьох рівнів: високому, середньому, низькому й дуже низькому.

Високий рівень відповідає стану, коли виконуються всі умови, які забезпечують дотримання вимог інструкцій для експлуатації тракторів. Інші три рівні приймають для станів, що мають відхилення різного ступеня від високого рівня експлуатації. Безумовно, не всі фактори впливають на стан технічної експлуатації тракторів. Установити повноту номенклатури вибраних факторів, а також оцінити значимість кожного з них (з метою відсіювання малозначимих) можна за *методом експертних оцінок*. Із цією метою розробляють спеціальні опитувальні аркуші, в яких усі фактори, що

характеризують ТЕТ, представляють у вигляді узагальнених і визначальних факторів.

Під час заповнення опитувального аркуша експертові потрібно проранжувати за значимістю узагальнені, а потім і визначальні фактори (для кожного узагальненого); за необхідності доповнити неврахованими факторами й проранжувати їх. Для виконання такої роботи до складу експертів включають провідних спеціалістів, головних інженерів господарств та інших фахівців. Для аналізу використовують опитувальні аркуші, заповнені фахівцями, стаж роботи яких у сфері експлуатації й ремонту техніки не менший ніж 5 років. Результати аналізу опитувальних аркушів у вигляді діаграми ранжирування визначальних факторів представлено на рис. 3.1.

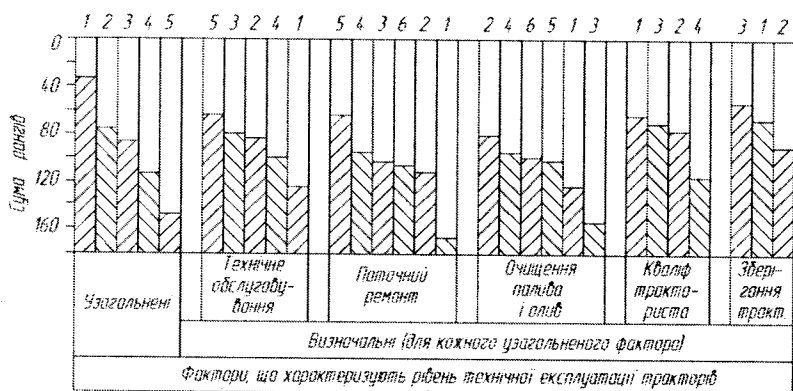


Рис. 3.1. Діаграма ранжирування визначальних (1 – 5) факторів ТО, ПР, ОПО, КТ, ЗТ на відповідних рівнях.

Технічне обслуговування (ТО): 1 – наявність пересувних засобів ТО; 2 – склад виконавців і наявність устаткування для ТО; 3 – виконання номенклатури операцій ТО; 4 – застосування діагностування; 5 – дотримання термінів проведення ТО.

Поточний ремонт (ПР): 1 – наявність пересувних ремонтних засобів; 2 – постановка тракторів на капітальний ремонт; 3 – вид застосовуваних запасних частин; 4 – склад виконавців ПР; 5 – ремонтна база; 6 – контроль якості ремонту.

Очищення палива й олів (ОПО): 1 – спосіб забору палива з ємностей; 2 – відстій палива; 3 – спосіб транспортування палива; 4 – контроль якості нафтопродуктів; 5 – фільтрація олів під час заправлення; 6 – фільтрація палива під час заправлення.

Кваліфікація тракториста (КТ): 1 – класність трактористів; 2 – середній стаж; 3 – професійна підготовка; 4 – загальноосвітня підготовка.

Зберігання тракторів (ЗТ): 1 – місце зберігання; 2 – склад виконавців постановки на зберігання; 3 – дотримання правил зберігання

Погодженість думок експертів оцінюють за коефіцієнтом конкордації W :

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^n T_j}, \quad (3.4)$$

де m – кількість експертів; n – кількість факторів, T_j – кількість однакових рангів у j -тому ранжируванні, у формулі позначене:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m a_{ij} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} \right), \quad (3.5)$$

де a_{ij} – ранг i -того фактора, привласнений j -тим експертом.

Значимість фактора W визначають за допомогою критерію Пірсона χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^m T_j} \quad (3.6)$$

Якщо розраховане значення критерію χ_p^2 більше від табличного χ_r^2 , то коефіцієнт конкордації W не дорівнює нулю й можна стверджувати, що погодженість експертів не випадкова.

У табл. 3.1 представлено результати розрахунку W і χ_p^2 для ранжированих послідовностей узагальнених і визначальних факторів оцінки ТЕТ, а також табульовані значення χ_r^2 з імовірністю 95 % для відповідних ступенів волі $f = n - 1$.

Як видно з табл. 3.1, для всіх факторів $\chi_p^2 > \chi_r^2$. Отже, погодженість думок експертів не випадкова. Ступінь впливу фактора визначається сумою рангів, що дали йому експерти. Чим менша ця сума, тим більший вплив справляє фактор. На діаграмі ранжирування, показаній на рис. 3.1, фактори розташовано в порядку убування за їхньою значимістю. При впевненій різниці між факторами діаграма ранжирування має вигляд експоненціального розподілу, а при невпевненій – монотонно убуває. Упевнено розрізняються між собою всі розглянуті узагальнені фактори, окрім тре-

тього, і всі фактори, що характеризують зберігання тракторів. Серед факторів, що займають останні місця в діаграмі ранжирування, упевнено розрізняються: для ТО – фактори 4 і 1; для ПР – фактор 1; для ОПО – фактори 1 і 3; для КТ – фактор 4; для ЗТ – фактор 2. Ці фактори, на погоджену думку експертів, малозначимі для оцінювання рівня ТЕТ.

Таблиця 3.1

Результати обробки ранжированих послідовностей факторів оцінки ТЕТ

Характеристика погодженості експертів	Фактори					
	Узагальнені	ТО	ПР	ОПО	КТ	ЗТ
W	0,58	0,23	0,32	0,18	0,29	0,34
χ_p^2	73,8	28,4	51,3	27,4	27,6	21,8
$f = n - 1$	4	4	5	5	3	2
χ_T^2	9,49	9,49	11,07	11,07	7,82	5,99

За наведеним методом експертних оцінок ТЕТ виявляють фактори, які найістотніше характеризують технічну експлуатацію різних видів сільськогосподарської техніки, а також забезпечують можливість зменшення в подальших дослідженнях і розробках кількості розглянутих факторів за рахунок виключення малозначимих.

Після ранжирування факторів ТЕТ уточнена їхня класифікація представлена в табл. 3.2. При визначенні показника рівня ТЕТ найбільша складність полягає в кількісному оцінюванні факторів, тому що кожний з них має свій фізичний зміст, свою розмірність. Вирішити це завдання строгими математичними методами складно через надзвичайну розмаїтість і велику кількість факторів та їхніх поєднань, що робить фактично неможливим збирання необхідної інформації й проведення відповідних розрахунків. Один з найзручніших способів отримання кількісних значень факторів – узагальнена *функція бажаності Харрінгтона* [19]. В основі її побудови лежить ідея перетворення натуральних значень окремих факторів на безрозмірну шкалу бажаності або переваги. Шкала бажаності належить до психофізичних шкал. Її призначення – встановлювати відповідність між фізичними й психологічними параметрами. Вона виникла внаслідок спостережень за реальними рішеннями експериментаторів.

Класифікація експлуатаційних факторів та їхніх можливих станів

Фактори	Можливі стани визначального фактора – рівень експлуатації				
Узагальнені	Визначальні	Високий (перший)	Середній (другий)	Низький (третій)	Дуже низький (четвертий)
Якість ТО	Дотримання термінів ТО	Є графік ТО	Є графік ТО	Є графік ТО	Графіка ТО немає
		Облік напрацювання щоденний. Відхилення строків ТО не більше $\pm 10\%$. Регулярна оцінка у формулярі проведення ТО	Облік напрацювання щоденний. Відхилення термінів ТО не більше $\pm 20\%$. Нерегулярна оцінка у формулярі проведення ТО	Облік напрацювання щоденний. Відхилення строків ТО не більше $\pm 30\%$. Відмічається у формулярі проведення ТО	Щоденного обліку напрацювання немає. У формулярі проведення ТО не відмічається
		СТО проводиться двічі на рік	СТО проводиться двічі на рік	ТО не відмічається	ТО проводиться випадково й безсистемно
	Виконання переліку операцій за видами ТО	Повністю виконується перелік операцій	Перелік операцій виконується не менше ніж на 90 %	Перелік операцій виконується не менше ніж на 70 %	Перелік операцій виконується менше ніж на 70 %
	Склад виконавців	Майстер-наладчик і тракторист	Слюсар 5-го розряду й тракторист	Слюсар 3-го розряду й тракторист	Тракторист
	Наявність устаткування для ТО	Пост повністю укомплектовано устаткуванням для ТО. У полі використовують АТО	Пост не повністю укомплектовано обладнанням. У полі використовують АТО	Пост не укомплектований обладнанням. У полі використовують ЗІП	Використовують ЗІП трактора на посту й у полі
	Наявність нормативно-технічної документації (НТД)	Є "Технічний опис й інструкція з експлуатації" на трактори, що обслуговуються	Є "Технічний опис й інструкція з експлуатації" на трактори, що обслуговуються	Є тільки перелік операцій за видами ТО	Технічної документації немає

Фактори	Можливі стани визначального фактора – рівень експлуатації				
	Визначальні	Високий (перший)	Середній (другий)	Низький (третій)	Дуже низький (четвертий)
Якість Узагальнені ПР	Ремонтна база	Типова майстерня, повністю оснащена відповідно до типового проекту	Прийосована опалювальна майстерня, не повністю оснащена відповідно до типового проекту	Прийосована опалювальна майстерня, не повністю оснащена відповідно до типового проекту	Прийосована неопалювальна майстерня
		Наявність і застосування під час ремонту мийної машини, вантажопідійомних пристроїв, стенду для обкатування й випробування дизелів, контрольно-регулювальних стендів гідросистем та електроустаткування	Наявність і застосування під час ремонту мийної машини, вантажопідійомних пристроїв, стенду для обкатування й випробування дизелів, контрольно-регулювальних стендів гідросистем і електрообладнання	Немає мийної машини, контрольно-регулювальних стендів для дизельної паливної апаратури й гідросистем	Є тільки верстатне, ковальське й зварювальне устаткування
		Є обладнання для розбирання й збирання тракторів і їхніх складальних одиниць	Немає обладнання для розбирання та збирання тракторів і їхніх складальних одиниць	Немає обладнання для розбирання і збирання тракторів і їхніх складальних одиниць	Є тільки верстатне, ковальське й зварювальне устаткування
	Склад виконавців	Постійний штат кваліфікованих ремонтників	Постійний штат висококваліфікованих ремонтників	Трактористи або слюсар 5-го розряду	Тракторист-машиніст і некваліфікований робітник
Вид запчастин (складальних одиниць, агрегатів), установлених замість тих, що відмовили	Розбірно-складальні роботи проводить тракторист	Розбірно-складальні роботи проводить тракторист	Фахівці проводять обкатування, зварювання	Тільки зварювання проводить фахівець	

Фактори	Можливі стани визначального фактора – рівень експлуатації				
Узагальнені	Визначальні	Високий (перший)	Середній (другий)	Низький (третій)	Дуже низький (четвертий)
Якість ПР	Наявність НТД	НТД є на всі види виконуваних ремонтних робіт	НТД є тільки на контрольно-регульовальні роботи	НТД немає або не використовується	НТД немає або не використовується
		Нові або відновлені на спеціалізованих підприємствах	Нові й відновлювальні на спеціалізованих ремонтних підприємствах (понад 50%), інші відремонтовані власними силами	Нові й відновлювальні роботи на спеціалізованих ремонтних підприємствах (менше 50%), інші власними силами	
		Постановка на ремонт тільки за результатами діагностування	50% постановки на ремонт за результатами діагностування. Засоби й методи діагностування використовують тільки для паливної апаратури і гідросистеми	Постановка на ремонт без ресурсного діагностування. Засоби й методи діагностування використовують тільки для дизельної апаратури та гідросистем	Діагностування не застосовується
		Після ремонту параметри контролюють	Після ремонту параметри контролюють		
Якість ОПМ	Якість зберігання палива	Кожний резервуар обладнано плаваючим паливо-приймачем і пробками, кришку горловини щільно закрито (з прокладкою), зовнішню поверхню пофарбовано в білий колір	Кожний резервуар обладнано плаваючим паливоприймачем з водомулоpusкною пробкою, кришку горловини щільно закрито (з прокладкою), зовнішню поверхню пофарбовано в білий колір	Плаваючого паливоприймача й приймального трубопроводу немає	Плаваючого паливоприймача й приймального трубопроводу немає

Фактори	Можливі стани визначального фактора – рівень експлуатації				
	Визначальні	Високий (перший)	Середній (другий)	Низький (третій)	Дуже низький (четвертий)
Узагальнені	Якість зберігання палива	Відстоювання палива – не менше ніж 96 год.	Відстоювання палива – не менше ніж 96 год.	Строки відстоювання порушуються	Строки відстоювання порушуються
		Паливо в резервуар приймають по приймальному трубопроводу під рівень палива	Паливо в резервуар приймають по приймальному трубопроводу під рівень палива	Паливо в резервуар приймають по рукаву через відкриту кришку горловини	Паливо в резервуар приймають по рукаву через відкриту кришку горловини
		Очищення резервуара – 2 рази за рік	Очищення резервуара – 1 раз за рік	Очищення резервуара – 1 раз за два роки	Очищення резервуара – 1 раз за два роки
Якість ОПМ	Рівень механізації і заправлення паливом	Заправлення паливом механізовано, по роздавальному рукаву з автоматичним роздавальним краном. Одночасно враховують кількість заправленого палива по лічильнику	Заправлення паливом механізовано, по роздавальному рукаву, але без автоматичного роздавального крана.	Заправлення паливом механізовано, по роздавальному рукаву. Крана немає.	Заправлення палива вручну
		Фільтрувальні диски або пакети фільтра справні	Фільтрувальні диски або пакети фільтра справні	Фільтр є, але фільтрувальних дисків чи пакетів немає або несправні	
	Рівень механізації і заправлення оливою	На оливу кожної марки є окрема механізована установка з рукавом, роздатковим краном і позначенням марки олив. Для моторних олив є лічильник	На оливу кожної марки є окрема механізована установка з рукавом, роздавальним краном і позначенням марки оливи. Для моторних олив лічильника немає	На оливу кожної марки є окрема установка з ручним насосом. Немає позначення марок	Заправлення олив вручну

Узагальнені	Визначальні	Високий (перший)	Середній (другий)	Низький (третій)	Дуже низький (четвертий)
Якість ОПМ	Контроль якості олив і мастил	На кожну партію отриманих олив є сертифікат	На моторні оливи є сертифікат, на трансмісійні – не завжди	На всі партії олив сертифікат не завжди є	Сертифіката немає
	Сортамент олив і мастил	Повністю відповідає основним олив, зазначеним у ТД	Застосовують замітники основних марок олив і мастил	Основним маркам або заміникам відповідає тільки моторна олива	Сортамент олив і мастил не контролюється
Кваліфікація трактористів	Класність трактористів	Не менше ніж 70% – 1- і 2-класи	Не менше ніж 50% – 1- і 2-класи	Не менше ніж 30% – 1- і 2-класи	Понад 70% – 3-класи
	Професійна підготовка	Понад 50% закінчили СПТУ, інші – курси	30...50% закінчили СПТУ, інші – курси	Понад 70% закінчили курси, інші навчалися в господарствах	Навчалися тільки в господарствах
	Стаж роботи	Понад 5 років	4 – 5 років	2 – 3 роки	До 2 років
Якість ЗТ	Дотримання правил зберігання	Виконуються всі операції з мийки, заміни олив, герметизації, консервації, знімання складальних одиниць і агрегатів	Спостерігаються окремі відхилення, не виконуються елементи тих або інших операцій	Не виконуються роботи з будь-якого напрямку (заміна масел, герметизація й т.п.)	Спостерігається систематичне відхилення від правил зберігання
	Наявність бази для зберігання тракторів	Типовий машинний двір	Площадка із твердим покриттям, закрите приміщення для зберігання знятих агрегатів, складальних одиниць, деталей, утеплене приміщення для зберігання тракторів у зимовий період	Площадка із твердим покриттям, закрите приміщення для зберігання знятих агрегатів, складальних одиниць і деталей	Площадка із твердим покриттям

З аналізу факторів встановлено, що ТЕТ можна оцінювати за високим, середнім, низьким і дуже низьким рівнями. Використовуючи функцію бажаності Харрінгтона, якісним показником ТЕТ протиставили певні кількісні показники, діапазон і середнє значення яких для кожного рівня представлено в правій частині табл. 3.3. Показник “Умови експлуатації” за своєю значимістю – допоміжний і введений для забезпечення взаємозв’язку між пропонованими рівняннями технічної експлуатації й існуючим розподілом умов експлуатації на нормальні.

Наведений у табл. 3.3 діапазон значень рівня технічної експлуатації тракторів ТЕТ підтверджено також думкою фахівців-експертів. Аналіз результатів опитування показав, що всі експерти погодились із запропонованими інтервалами оцінок.

Таблиця 3.3

Показники технічної експлуатації тракторів

Якісні		Кількісні		
Умови ТЕТ	Рівень ТЕТ	Діапазон		Оперативне значення
		max	min	
Нормальні	Високий	1,00	0,90	0,95
Реальні	Середній	0,89	0,64	0,76
	Низький	0,63	0,38	0,50
	Дуже низький	0,37	0,20	0,28

На основі аналізу думок експертів встановлюють вагомість узагальнених факторів, які представлено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Ваги узагальнених факторів

Найменування узагальнених факторів	Вагомість фактора
Кваліфікація трактористів	0,4
Якість ТО	1,0
Якість поточного ремонту	0,6
Якість зберігання	0,3
Якість очищення палива й масел	0,5

Приклад.

Рівень ТЕТ оцінюють у певній послідовності. Відомості про фактичний стан визначального фактора заносять у відповідні графи табл. 3.5 і порівнюють із показниками, за якими необхідно його характеризувати. Потім визначають якісний стан рівня, найближчого до фактичного стану (на підставі табл. 3.3 заносять у графу рівня ТЕТ, а в сусідню праворуч графу – оперативні значення, визначені за цією самою таблицею згідно з певним якісним станом).

За формулою (3.2) розраховують окремі показники рівня за кожним з визначальних факторів. Провівши обчислення за формулою (3.3), визначають значення узагальненого показника ТЕТ.

Виконуючи порівняльну оцінку рівня ТЕТ машин конкретних марок, груп тракторів, що експлуатуються в межах господарства, або аналогічних тракторів, що експлуатуються в порівнюваних господарствах, окремі і узагальнені показники розраховують по кожному трактору з наступним усередненням показників. При порівняльному оцінюванні спочатку аналізують стан рівня технічної експлуатації (в різних районах, областях, зонах) по кожному господарству району, потім ці дані усереднюють по району в цілому. Усередненням даних по районах одержують показники для області й т.д. Залежно від діапазону можливих значень, у який потрапляють розраховані показники рівня ТЕТ, роблять відповідні висновки про його якісне значення.

При збиранні інформації про технічну експлуатацію тракторів варто враховувати деякі особливості. Відомості про якість ТО збирають за допомогою вивчення планової й звітної документації, опитування тракториста й відповідальних технічних працівників господарств, вибіркової перевірки окремих складальних одиниць і агрегатів.

Дотримання строків проведення ТО встановлюють:

- вивченням системи постановки тракторів на ТО й ступеня її функціонування;
- вивченням графіка виконання ТО (за останні 1 – 1,5 року);
- виявленням за даними бухгалтерії господарства часу й витрат, віднесених на проведення ТО;
- опитуванням тракториста, бригадира, механіка, інженера або інших фахівців, що беруть участь тією чи іншою мірою в обслуговуванні тракторів.

Відомості про рівень ТЕГ трактора Т-150ДУ

Найменування фактора		Показники, за якими необхідно характеризувати визначальний фактор	Фактична характеристика визначального фактора в господарстві	Оцінка технічна експлуатації	
Узагальнений	Визначальний			Рівень	α_i
Технічне обслуговування	Дотримання термінів проведення ТО-1, ТО-2, ТО-3, СТО	План-графік виконання ТО з регулярними оцінками фактичного проведення ТО (є, немає)	Є		
		Оцінки проведення ТО у формулярі трактора (регулярно, нерегулярно, не відзначається)	Нерегулярне проведення ТО	Середній	0,76
		Облік напрацювання трактора (щоденне, раз на тиждень, подекадне)	Щоденне		
Виконання номенклатури операцій ТО	Виконання номенклатури операцій ТО	Відхилення від термінів виконання ТО	Не більше $\pm 20\%$		
		Регулярність проведення СТО	2 рази на рік	Високий	0,95
		Виконання номенклатури операцій ТО (в % окремо для ТО-1, ТО-2, ТО-3)	ТО-1 – 100%, ТО-2 – 90 %, ТО-3 – 80 %		
Склад виконавців, наявність устаткування для ТО	Виконавці ТО (майстер-наладчик, тракторист та ін.)	Виконавці ТО (майстер-наладчик, тракторист та ін.)	Майстер-наладчик і тракторист	Середній	0,76
		Наявність "Технічного опису й інструкції з експлуатації", НТД на ТО-3	Є		
		Перелічити застосовуване устаткування (стаціонарне й пересувне)	Стенди для перевірки гідравлічної системи, для перевірки тиску оливи в двигуні		

$$K_1 = \sqrt[3]{0,76 \cdot 0,95 \cdot 0,76} = \sqrt[3]{0,54} = 0,82$$

Найменування фактора		Показники, за якими необхідно характеризувати визначальний фактор	Фактична характеристика визначального фактора в господарстві	Оцінка технічна експлуатації	
Узагальнений	Визначальний			Рівень	α_i
Поточний ремонт	Ремонтна база	Перелічити основне обладнання по ділянках майстерні (кількість токарних, свердильних, фрезерних та інших верстатів; піднімальні засоби; пристосування для збирання, розбирання, усунення відмов агрегатів, складальних одиниць та ін.)	Ремонтна майстерня типова: токарний верстат – 1, свердильний верстат – 1, лещата, піднімальні засоби, таль (3 т), компресор	Низький	0,50
	Склад виконавців усунення відмов	Постійний штат кваліфікованих ремонтників або окремих виконавців. Наявність технічної документації на всі види виконуваних ремонтних робіт	Тракторист, за допомогою кваліфікованого фахівця	Середній	0,76
	Якість застосовуваних запасних частин	Нові, відремонтовані й відновлені деталі й складальні одиниці на спеціалізованих ремонтних підприємствах або в господарстві	Нові – 25 %, вживанні – 5 %, відновлені – 70 %	Середній	0,76
	Застосування діагностування	Постановка трактора на ремонт (за результатами ресурсного діагностування; указати ступінь застосування діагностування)	Діагностування не застосовується	Дуже низький	0,28
$K_2 = \sqrt[3]{0,50 \cdot 0,76 \cdot 0,28 \cdot 0,76} = \sqrt[3]{0,08} = 0,53$					

Найменування фактора		Показники, за якими необхідно характеризувати визначальний фактор	Фактична характеристика визначального фактора в господарстві	Оцінка технічна експлуатації	
Узагальнений	Визначальний			Рівень	α_i
Очищення палива й оливи	Якість зберігання палива	Обладнання резервуарів плаваючими паливо-приймачами й водомулоспускною пробкою; наявність приймального трубопроводу під рівень палива; періодичність очищення резервуарів; тривалість відстоювання палива	Зливання відстою – щомісяця; періодичність очищення – 2 рази на рік; тривалість відстоювання – 70 год.	Середній	0,76
	Рівень механізації заправлення палива	Заправлення механізоване або ручним заправним інвентарем; наявність автоматичного роздавального крана; наявність і справність фільтрувальних дисків або пакетів	Паливо-роздавальна колонка	Середній	0,76
	Рівень механізації заправлення оливи	Наявність на оливу кожної марки окремої механізованої установки з рукавом, роздавальним краном і написом з позначенням марки оливи; наявність лічильника для моторних оливи	Оливу-роздавальна колонка	Середній	0,76
	Контроль якості оливи і мастил	Наявність сертифіката на кожну партію отриманих оливи	Сертифікату немає	Дуже низький	0,28
	Сортамент оливи і мастил	Відповідність основним маркам, зазначеним у технічному описі й інструкції на трактор	Застосовують заміники основних марок оливи і мастил, зазначені в технічному описі й інструкції для експлуатації на трактор	Середній	0,76
$K_3 = \sqrt[3]{0,76 \cdot 0,76 \cdot 0,76 \cdot 0,28 \cdot 0,76} = \sqrt[3]{0,09} = 0,62$					

Найменування фактора		Показники, за якими необхідно характеризувати визначальний фактор	Фактична характеристика визначального фактора в господарстві	Оцінка технічна експлуатації	
Узагальнений	Визначальний			Рівень	α_i
Кваліфікація тракториста (усіх працюючих або які раніше працювали на обстежуваному тракторі)	Класність	Кількість трактористів 1-го, 2-го і 3-го класів	1-ий і 2-ий класи	Високий	0,95
	Професійна підготовка	Кількість трактористів, що навчаються в СПТУ, на курсах, у господарствах	Закінчили СПТУ й курси	Середній	0,67
	Стаж роботи зі спеціальності	Загальний стаж роботи кожного механізатора (за фахом механізатора)	Стаж 10 – 15 років	Середній	0,67
$K_4 = \sqrt[3]{0,95 \cdot 0,67 \cdot 0,67} = \sqrt[3]{0,43} = 0,76$					
Зберігання тракторів	Дотримання правил зберігання	Перелік операцій, що не виконуються при поставці на зберігання (мийка, заміна масел, герметизація, консервація, знімання складальних одиниць і агрегатів), ступінь відхилення від правил (часткове, систематичне). Невиконання будь-якого з напрямів	Мийка, герметизація, зняття складальних одиниць і агрегатів	Дуже низький	0,28
		Кваліфікація й склад виконавців	Тракторист під контролем головного інженера		
	Наявність бази зберігання	Приміщення (закрите, відкрите). Під навісом, на відкритій площадці (із твердим або ґрунтовим покриттям)	Площадка із ґрунтовим покриттям	Низький	0,50
$K_5 = \sqrt[3]{0,28 \cdot 0,50} = \sqrt[3]{0,14} = 0,374$					

Виконання переліку робіт ТО визначають:

- наявністю акта на проведення обкатування трактора або відповідного запису в паспорті на трактор;
- вибірковою перевіркою стану складальних одиниць та агрегатів, які повинні були обслуговуватися;
- опитуванням тракториста або осіб, що беруть участь у виконанні ТО, із зазначенням потрібної складальної одиниці.

Склад виконавців, наявність устаткування для ТО встановлюють:

- вивченням сформованої практики проведення ТО в господарстві й наявністю підтверджувальних документів;
- вивченням бухгалтерських даних про кількість і вік наявного устаткування для ТО;
- фактичним технічним станом устаткування, зазначеного для проведення ТО.

Відомості про поточний ремонт виявляють в основному за допомогою вивчення відповідної документації.

Стан ремонтної бази встановлюють:

- типом майстерні господарства;
 - ремонтним устаткуванням і його технічним станом;
- відповідністю номенклатури устаткування типовому переліку.

Склад виконавців визначають:

- наявністю відповідних підтверджувальних документів;
- опитуванням тракториста й відповідальних технічних фахівців.

Якість запасних частин устанавлюють:

- вивченням документів складського обліку;
- виявленням джерела надходження запасних частин на склад господарства;
- вибірковим оглядом відремонтованого трактора з уточненням виду встановленої запасної частини.

Ступінь контролю якості ремонту й систему постановки тракторів на капітальний ремонт визначають:

- наявністю актів доремонтного й післяремонтного діагностування;
- наявністю відповідного діагностичного устаткування й ступенем його готовності до застосування;
- наявністю фахівців-діагностів і бесідою з ними.

Ступінь очищення палива й оливи устанавлюють вивченням типу нафтогосподарства та його фактичної оснащеності, наявністю відповідних до-

кументів, що підтверджують проведення контролю якості нафтопродуктів. Сортамент застосовуваних масел і періоди його поставки уточнюються за даними бухгалтерського обліку й наявністю масел на момент перевірки.

Кваліфікацію трактористів визначають за документами відділу кадрів.

Відомості про зберігання тракторів збирають, оглядаючи місця зберігання, виявляючи ступінь їхньої оснащеності, опитуючи трактористів. Дотримання правил зберігання встановлюють:

- наявністю місць підготовки тракторів до зберігання й відповідного устаткування;
- наявністю різних матеріалів для консервації й обладнання для герметизації;
- вивченням документів, що підтверджують факт зберігання тракторів;
- опитуванням тракториста або інших механізаторів, що беруть участь у встановленні тракторів на зберігання.

Розглянемо викладену методику на прикладі експлуатації тракторів Т-150ДУ. Необхідну інформацію збирали шляхом опитування механізаторів і фахівців, при безпосередньому огляді господарства й вивчення звітної документації. Отримані відомості заносили в спеціально розроблену форму, як показано в табл. 3.5. Залежно від стану справ по кожному визначальному фактору з табл. 3.2, підбирали його значення.

Наприклад, при аналізі якості проведення ТО з'ясували, що відхилення від строків постановки тракторів на ТО становлять не більше ніж 15 %. (значення фактора 0,76), перелік виконання номенклатури операцій ТО – 90 % (значення фактора – 0,95), виконує ТО майстер-наладчик за участю тракториста (значення фактора – 0,76). За іншими узагальненими факторами значення визначальних факторів такі:

- поточний ремонт – 0,50; 0,76; 0,76; 0,28;
- очищення палива й оливи – 0,76; 0,76; 0,76; 0,28; 0,76;
- кваліфікація тракториста – 0,76; 0,76; 0,76;
- зберігання тракторів – 0,28; 0,50.

Підставляючи отримані значення у формулу (3.2), одержимо значення окремих показників рівня ТЕТ, тобто значення рівня кожного визначального фактора. Для наведеного приклада значення часток показників факторів будуть такі: для ТО – $K_1 = 0,81$; для ПР – $K_2 = 0,52$; для ОПО – $K_3 = 0,62$; для КТ – $K_4 = 0,76$; для ХТ – $K_5 = 0,37$.

Підставивши частки показників рівня у формулу (3.3) для узагальненого показника, одержимо

$$K_y = \frac{0,23 \cdot 0,82 + 0,32 \cdot 0,53 + 0,18 \cdot 0,62 + 0,29 \cdot 0,76 + 0,34 \cdot 0,37}{0,95 \cdot (0,23 + 0,32 + 0,18 + 0,29 + 0,34)} = 0,64.$$

Отже, узагальнений коефіцієнт ТЕТ має значення $ДУ = 0,64$. Звертаючись до табл. 3.3, визначаємо, що в господарстві експлуатація тракторів перебуває на мінімальному значенні середнього рівня, що на 18 % нижче від оперативного значення для середнього рівня й на 39 % нижче від максимального значення. Для підвищення рівня ТО трактора Т-150К у розглянутому господарстві необхідно вжити заходів щодо поліпшення якості проведення поточного ремонту тракторів, посиливши ремонтну базу, підвищивши контроль за якістю ремонту, обґрунтувавши постановку тракторів на капітальний ремонт, а також поліпшивши якість зберігання тракторів і очистивши паливо й оливи під час заправлення. Цей висновок роблять на підставі оцінки окремих показників рівня, які найбільше знижують узагальнений коефіцієнт ТЕТ.

Таким чином, застосування наведеної методики оцінювання рівня технічної експлуатації тракторів дає можливість визначити напрям, на який варто концентрувати зусилля сервісних служб, щоб одержати найефективніші результати, а загальне підвищення рівня ТЕТ залежить насамперед від стану окремих показників рівня складових його факторів.

3.3. Забезпечення працездатності тракторів

Оцінка умов технічної експлуатації тракторів дає можливість встановити п'ять основних факторів, які впливають на їхню працездатність. Розглянемо шляхи забезпечення працездатності тракторів по кожному з них.

Якість технічного обслуговування

Якість ТО тракторів залежить насамперед від дотримання їхніх термінів і періодичності виконання номенклатури операцій, складу виконавців, а також застосовуваного під час проведення робіт обладнання. У практиці експлуатації постановка тракторів на ТО проводиться двома шляхами. Перший, добровільний – якщо обслуговування тракторів виконують у суворій відповідності з установленим планом-графіком, тобто після закінчення пе-

внього періоду напрацювання тракторист зупиняє трактор для проведення того чи іншого виду обслуговування. Цей шлях постановки на ТО не завжди контролюється, нерідко нормативні терміни не збігаються з фактичними.

Другий вид постановки тракторів на ТО – примусовий, що виражається у вигляді обмеження допущення на роботу при досягненні термінів обслуговування: на видачу палива, нарядів на роботу й т.д. На практиці це виглядає як обмеження видачі талонів, жетонів, ведення лімітно-забірних книжок. На трактор видають ліміти палива до ТО-1. Вичерпання виданих лімітів палива фіксують з моменту закінчення талонів, жетонів або відмітки в лімітно-забірних книжках. Наступні ліміти на паливо видають тільки після відмітки про виконання операції необхідного виду ТО. Примусова постановка тракторів на ТО не виключає застосування планів-графіків.

Трактор, що пройшов ТО, повинен задовольняти таким вимогам:

- бути чистим;
- зовнішні кріплення підтягнуті;
- несправностей у складових частинах немає;
- підтікання охолоджувальної рідини, оливи, електроліту немає;
- перелік фактично виконаних робіт відповідає переліку робіт певного виду обслуговування;
- складові частини трактора працездатні;
- діагностичні параметри, що зазначені в типовому переліку робіт ТО, перебувають у межах допусків, установлених для параметрів регульованих складових частин трактора.

Під час контролю якості ТО керуються послідовністю викладеної у відповідних правилах перевірки якості виконання ТО тракторів, комбайнів та інших сільськогосподарських машин. У правилах викладено послідовність контролю працездатності трактора та якості виконання основних робіт. Якісне проведення ТО забезпечується застосуванням сертифікованих спеціальних пристосувань для виконання різних технологічних операцій.

Якість поточного ремонту

З аналізу обробки ранжируваних послідовностей факторів оцінювання ТЕТ (див. табл. 3.1), виходить що максимальний вплив на комплексні показники надійності справляє якість поточного ремонту (ПР), на яку діє максимальна кількість визначальних факторів. В умовах сервісних підпри-

емств ці фактори є найбільш керованими. Якість ПР перевіряють на відремонтованих тракторах і двигунах, які мають відповідати таким умовам.

За основними системами тракторів:

- нормальний вільний хід кермового колеса, педалей і важелів керування;
- працездатність освітлювальної апаратури і систем сигналізації;
- надійність гальм на схилі;
- працездатність зчеплення (легкість вимикання й при цьому плавне зрушування трактора з місця);
- перемикання всіх передач при виключеному зчепленні без заїдань;
- відсутність різкого гуркоту й нерівномірного шуму в шестірнях трансмісії;
- прямолінійність руху (для гусеничних тракторів);
- спроможність тракторів із планетарними механізмами повороту плавно повертатися на твердому ґрунті на 360° на першій і другій передачах та відсутність під час повертання ривків з гуркотом у поворотному механізмі;
- працездатність механізму блокування ведучих коліс;
- вмикання й вимикання ВОМ;
- неможливість протікання й краплеутворення води, масла й палива через прокладки, сальники, заливні й спускні пробки в з'єднаннях трубопроводів і шлангів, а також підсмоктування повітря в зчленуваннях патрубків, що з'єднують повітроочишувач із двигуном;
- працездатність гідравлічної системи під навантаженням.

За двигуном:

- укомплектованість складових частин і складальних одиниць, передбачена нормативно-технічною документацією;
- якість лакофарбових покриттів і консервації;
- надійність кріплення складових частин і складальних одиниць та якість затягування кріплення;
- легкий пуск двигуна;
- працездатність приладів тиску масла й температури води;
- усталена робота на всіх режимах;
- забезпечення характеристик потужності двигуна та паливної системи вимогам технічної документації на ремонт;
- задовільний стан поверхонь дзеркала циліндрів, шийок колінчастого вала, кулачків і шийок розподільного вала, вкладишів;
- відповідність вимогам технічної документації розмірів деталей за найважливішими параметрами.

Крім того, відремонтовані трактори повинні відповідати вимогам з:

- якості збирання й припасування деталей і складальних одиниць;
- надійності кріплення складальних одиниць і деталей;
- наявності оливи й мастил у ємностях і змащувальних місцях;
- якості виконання зварювальних швів;
- відповідності “Єдиним вимогам до конструкції тракторів і сільськогосподарських машин з безпеки та гігієни праці”;
- відсутності видимих пошкоджень або неякісно виконаного фарбування, оббивки тощо;
- відсутності незабарвлених, не законсервованих поверхонь, слідів корозії, наявності скління, окантовок, ущільнень і т.д.;
- відсутності в місцях зварювання видимих тріщин, пропусків, непроварювань, пропалів, свищів, жужільних включень;
- відповідності регулювань згідно з діючою нормативно-технічною документацією на ремонт виробу, що перевіряється, і його складових частин;
- відхилення поверхонь валів і отворів від правильної геометричної форми (овальність, огранювання, ексцентричність, конусність, бочкоподібність, увігнутість і т.п.);
- відхилення поверхонь від площинності, паралельності й перпендикулярності;
- якості термічної обробки деталей;
- відсутності на поверхні деталей задирок, зминань, опіків, слідів дроблення й інших механічних пошкоджень.

Один з основних факторів, що забезпечують якість ПР, – наявність і стан розвинутої ремонтної бази сервісного підприємства (Основні напрями оснащення й удосконалення ремонтної бази сервісних підприємств подано в розд. 1.)

Якісне виконання ПР забезпечується застосуванням сертифікованого універсального й спеціального ремонтного обладнання, а також пристосувань для виконання різних технологічних операцій. Основні види устаткування, необхідні для забезпечення високої якості ПР:

- устаткування для розбирання й збирання складових частин і складальних одиниць тракторів (для демонтажу й монтажу шин коліс);
- обладнання для знімання, установки й транспортування коліс великого діаметра тракторів класу тяги від 3 до 5;
- обладнання для відривання борта покритишки від ободу колеса для демонтажу шин тракторів класу тяги від 0,6 до 1,4.

- універсальне підйомно-транспортне й спеціальне устаткування: талі, домкрати, знімачі, спеціальні підставки, кантувачі й т.д.
- контрольно-вимірювальні інструменти, пристосування для дефектування;
- вимірювальне, контролювальне й діагностичне обладнання;
- обладнання для випробувань і обкатування відремонтованих виробів.

Якість очищення палива й мастил

Висока якість застосовуваних ПММ – вирішальний фактор надійної й довговічної роботи сільськогосподарської техніки. Якість палив і мастил багато в чому залежить від пристосованості нафтоскладів, сховищ і пунктів заправлення. Крім того, недотримання термінів зачищення й фарбування резервуарів, незадовільна герметизація ємностей заправних агрегатів і стаціонарних резервуарів, відсутність клапанів та інші недоліки обладнання призводять до обводнювання, збільшення вмісту механічних домішок у паливі, виділення антидетонатора з бензину й присадок з мастил, розшарування й окислювання мастил та ін. Висока якість нафтопродуктів може бути забезпечена тільки за умови суворого дотримання правил, передбачених відповідними рекомендаціями й інструкціями з транспортування, зберігання й відпускання.

Зміна фракційного складу палива й мастил внаслідок випарювання, виникнення смол і осадів, забруднення, обводнення найбільше впливають на показники надійності складових частин тракторів. При випарюванні палива поряд з кількісними втратами змінюється його фракційний склад. Дизельне паливо випарюється менш інтенсивно, ніж бензин. Під час зберігання його в герметичних резервуарах процес випарювання практично не відбувається. В умовах належного зберігання олива й мастило також практично не випаровуються.

Залежно від зовнішніх умов зберігання (температури навколишнього середовища, часу зберігання, співвідношення рідкої й парової фаз у резервуарах, контакту з металами та ін.) у нафтопродуктах відбувається складний фізико-хімічний процес, наслідком якого є утворення смол і осадів. Смолисті речовини, що утримуються в паливі, під час роботи двигуна відкладаються в усмоктувальному тракці, на клапанному механізмі, в камері згоряння, на поршневих кільцях, розпилювачах форсунок та інших деталях. Це призводить до зниження потужності й економічності двигуна, підвищеного вижарювання мастила, передчасного зношування деталей, а в

деяких випадках – до аварійних поломок. Інтенсивність смолоутворення знижується при зберіганні нафтопродуктів у підземних або заглиблених резервуарах, в разі недопускання наявності на дні резервуара води й інших сторонніх домішок, скорочення кількості перекачувань палива, заповнення ємності до максимально допустимого рівня, спорядження резервуарів клапанами тиску, зменшення часу зберігання нафтопродуктів.

Істотно погіршує експлуатаційні якості палива вода, що потрапляє в нього. Вона підвищує в'язкість, погіршує низькотемпературні властивості, підвищує температуру помутніння й кристалізації, знижує прокачуваність і фільтраційність, розпилювання, випарювання і горіння, що знижує ККД двигуна. Через наявність води в паливі значно підсилюються процеси корозії деталей системи живлення, в тому числі паливної апаратури. В холодну пору року вода замерзає й кристали льоду можуть створити перебії у подачі палива.

При обводнюванні різко змінюється якість моторних олив із присадками. Навіть невелика кількість води (більше ніж 0,1 %), що потрапила в оливу, знижує концентрацію присадки за рахунок випадання її в осад. На дні ємностей з моторними оливами може накопичуватися значна кількість мазеподібних осадів, основна частина яких припадає на гідролізовані малостабільні частини присадок.

Дизельне паливо, бензин, мастильні матеріали рекомендується транспортувати механізованими заправними агрегатами. Механізоване заправлення паливом у польових умовах може відбуватися при температурі навколишнього повітря не нижчій ніж -40°C , а оливи – не нижчій від -10°C . Заправні агрегати, змонтовані на автомобільному шасі, дають можливість заповнювати їхні цистерни й баки нафтопродуктами й водою через горловини; цистерну – дизельним паливом за допомогою насоса агрегату; баки – бензином, дизельною оливою і водою за допомогою вакуум-насоса; бункер і пістолет солідолонагнітача – солідолом під тиском стисненого повітря; заправляти трактор або комбайн дизельним паливом через фільтр тонкого очищення й об'ємний лічильник рідини по роздавальних рукавах із краном за допомогою насоса; дизельною оливою, бензином і водою – по роздавальних рукавах з кранами під тиском стисненого повітря; видавати автотракторну трансмісійну оливу в заправну ємність під тиском стисненого повітря; змащувати підшипникові складальні одиниці тракторів і комбайнів солідолом під тиском стисненого повітря за допомогою спеціального пістолета.

Упровадження заправних агрегатів дає великий економічний ефект, оскільки закрите заправлення нафтопродуктів повністю усуває можливість влучення механічних домішок у ємності трактора, а це не менше, ніж удвічі збільшує термін служби паливної апаратури. Час простою трактора на заправленні скорочується більше ніж на 5%, виключаються холості пробіги тракторів до місця заправлення, на 30 % скорочуються втрати нафтопродуктів. При цьому річна економія палива становить не менше ніж 400 кг на один трактор. Крім того, використання механізованих заправних агрегатів дає змогу вести щоденний якісний облік палива, яке витрачає кожний трактор, що дає можливість контролювати своєчасне проведення ТО машин.

При порушенні термінів зберігання змінюється якість ПММ. Терміни зберігання мастил у герметичній тарі обчислюються декількома місяцями й нерідко роками. Допустимі терміни зберігання за кліматичними зонами наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Припустимі терміни зберігання нафтопродуктів (років)

Найменування	Кліматичні зони		
	Північна	Середня	Південна
Дизельне й моторне паливо	5,0	5,0	5,0
Моторні оливи з присадками	2,5	2,5	2,0
Трансмійні масла	5,0	5,0	5,0
Індустріальні масла	5,0	5,0	5,0
Солідол	5,0	5,0	3,0
Консталин жировий	4,0	3,0	2,5
Консталин синтетичний	3,0	2,0	1,0
Технічний вазелін	5,0	5,0	5,0
Мастило ЦИАТИМ-201	4,0	4,0	4,0

Щоб підтримати якість нафтопродуктів на необхідному рівні, треба регулярно його контролювати. Розрізняють прийнятно-здавальні, контрольні й повні аналізи нафтопродуктів [31]. *Прийнятно-здавальні й контрольні аналізи* на підприємствах технічного сервісу й господарствах проводять в обсязі, передбаченому набором ручної лабораторії, а контрольні аналізи з боку вищих органів – із застосуванням польових лабораторій. *Повні аналізи*, що потребують спеціального обладнання, проводять у спе-

ціалізованих лабораторіях контролюючих організацій і нафтопереробних підприємств. Якщо нафтопродукти перебувають на зберіганні тривалий час, то вони піддаються аналізу у встановлений термін (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Періодичність у місяцях проведення аналізу
якості нафтопродуктів(місяців)**

Найменування нафтопродукту	Контрольний аналіз	Повний аналіз
Дизельне паливо	12	24
Моторні оливи	6	12
Трансмісійні оливи	12	24
Інші оливи	12	24
Консистентні мастила	6	12

Для аналізу відбирають мінімальний обсяг проб нафтопродуктів, значення якого для контрольного й повного аналізів наведено в табл. 3.8. Під час контролю якості в процесі роботи можна користуватися найпростішими методами. Наприклад, збільшення інтенсивності забарвлення дизельного палива, що буває від ясно-жовтого до ясно-коричневого, свідчить про підвищення вмісту смол. Забруднення в дизельному паливі визначають фільтруванням його через паперовий фільтр із білою, синьою або червоною стрічками чи технічним фільтрувальним папером. При незначному забрудненні пляма на фільтрі, встановленому в паперовій лійці, має грязьову пляму діаметром 1...2 см. Якщо діаметр більший, то в паливі утримується недопустима кількість механічних домішок.

Таблиця 3.8

Обсяг проб нафтопродуктів для проведення аналізів

Найменування	Мінімальний об'єм проби, л	
	для контрольного аналізу	для повного аналізу
Дизельне паливо	0,7	1,0
Моторна олива	0,7	1,5
Трансмісійна олива	0,7	1,0
Інші оливи	0,7	1,0
Консистентні мастила	0,5	1,0

Забруднення оливи визначають, нагріваючи його до 50...60° С. Після перемішування дві-три краплі наносять на фільтрувальний папір. Якщо олива чиста, то вона дає рівномірно пофарбовану пляму. Відстоюванням олива в пробірці визначають наявність у ньому води, що осідає в нижньому шарі. Якщо при нагріванні оливи до 105...120°С утвориться піна й чути потрiскування, то це також свiдчить про наявність у ньому води.

Дизельне паливо й мазут для прискорення зневоднювання попередньо підігрівають до 50...60° С і потім відстоюють.

Оливи збезводнюють підігрівом до 70...80° С протягом декількох годин з наступним відстоюванням. Якщо вода в оливі залишиться й після цього, то його необхідно нагріти до 105...110° С і витримати при цій температурі до повного випарення води. Слід мати на увазі, що обводнена олива при нагріванні понад 100° С сильно піниться, внаслідок чого можливий його викид. Тому обводнену оливу попередньо відстоюють при температурі 70...80° С й тільки після видалення з нього більшої частини води продовжують нагрівання до 105...110° С.

Механічні домішки з палива й олив видаляють шляхом відстоювання з наступною фільтрацією в чисту ємність. Для прискорення відстоювання оливи можна підігрівати до 60...80° С залежно від в'язкості. Відсутність механічних домішок у паливі або оливі встановлюють за аналізом проби, взятої з нижнього шару продукту. Виправлення палива й олив за такими показниками, як густина, вміст сірки та фактичних смол, зольність, а для бензину – й октанове число, проводять змішуванням із продуктом тієї самої марки, але такого, що має запас якості за конкретним показником.

Для проведення робіт зі змішування продукту необхідно:

- розрахувати кількість нафтопродуктів, які додають у суміш;
- перевірити правильність розрахунків, аналізуючи спеціально приготовлений у невеликій кількості зразок суміші;
- підготувати необхідні для змішування резервуари (ємності) і засоби перекачування.

Співвідношення продуктів, необхідних для змішування, визначають за формулою

$$P_a = \frac{X - X_b}{X_a - X} P_b, \quad (3.7)$$

де P_a – кількість продукту у вагових одиницях, що має запас якості за певним показником; P_b – кількість продукту у вагових одиницях, що підлягає

виправленню; X – значення показника, яке потрібно одержати після виправлення продукту; X_a – значення показника в продукті, що має запас якості; X_b – значення показника в некондиційному продукті.

При змішуванні спочатку перекачують у резервуар паливо з більшою густиною, а потім накачують у нижню частину резервуара паливо з меншою густиною. Для перемішування суміші її не менше трьох разів перекачують за схемою: резервуар – насос – резервуар. Змішування закінчують, якщо суміш стане однорідною й аналіз підтвердить відповідність її вимогам стандарту або технічних умов. Аналіз проводять після три-, чотиригодинного відстоювання по закінченні змішування.

Оливи змішують у змішувачах підігрітими до 60...80°C. Цю температуру підтримують протягом усього часу змішування. Циркуляцію проводять протягом часу, необхідного для одержання однорідної суміші. По закінченні суміш витримують при тій самій температурі протягом 2 годин, після чого перевіряють її однорідність і відповідність вимогам стандарту або технічних умов. Якщо суміш неоднорідна, то циркуляцію повторюють. Перед початком змішування необхідно уважно вивчити за паспортами якісні характеристики продуктів, щоб не знизити інших фізико-хімічних показників, наприклад концентрації присадки в моторній оливі. Значення фізико-хімічних показників (за винятком в'язкості й температури спалаху) суміші продуктів визначають за формулою

$$X = \frac{P_a X_a + P_b X_b}{P_a X_b} \quad (3.8)$$

Виправлені нафтопродукти не підлягають тривалому зберіганню, їх необхідно використати відразу.

Для фільтрування палива перед заправленням у трактор застосовують різні фільтри. Заливають паливо за допомогою спеціальних установок або пристроїв, обладнаних фільтрами тонкого очищення й спеціальними шлангами з наконечниками. Перед заправленням кришку й заливну горловину паливного бака очищують від пилу й бруду. Потім відкривають кришку й за необхідності прочищають отвір для проходження повітря. Перевіряють рівень і заливають у бак вистояне й профільтроване паливо. Дизельне паливо відстоюють не менше трьох діб у спеціальних резервуарах, обладнаних поплавковими паливозабірниками й грязеспускними пробками. Якщо немає таких установок, то можна заливати паливо через лійку з подвійною

сіткою, на яку покладено в два шари шовкове полотно або фланель ворсом нагору. Користуватися треба тільки чистою ємністю, не допускаючи при цьому потрапляння в бак води, снігу й бруду.

Пусковий двигун варто заправляти сумішшю, попередньо приготовленою в окремому посуді, яка складається з 15 частин за об'ємом бензину з малим октановим числом і однієї частини моторної оливи.

Перед заправленням ємностей оливами пробки контрольних і заливних отворів, оливомірної лінійки й прилягаючі до них ділянки деталей очищують від пилу й бруду. При ТО перевіряють рівень оливи у відповідних ємностях і за необхідності доливають свіжу оливу до нормального рівня. Доливати оливу треба через 20...30 хв. після зупинки двигуна.

Оливу в усіх ємностях замінюють при ТО-3 трактора, а в картерах двигуна, паливного насоса й регулятора кількості обертів – при ТО-2 і ТО-3. Для цього відразу ж після зупинки двигуна зливають відпрацьовану оливу, викрутивши зливальні пробки, і після того, як олива стече, промивають механізми описаними нижче способами. Після промивання заливають у ємності свіжу оливу відповідного сорту до нормального рівня.

Рідку оливу залежно від розміру й розміщення оливоприймального отвору можна заливати спеціальним відром з носиком і козирком, шприцем або нагнітачем.

Консистентне змащення до рухомих частин подають за допомогою нагнітача. У місці, куди потрібно подати густе мастило, установлені пресмаслянки із внутрішнім каналом, вхідний отвір яких закрито кулькою із пружиною.

Для підтримання високої якості нафтопродуктів необхідно виконувати такі вимоги.

При транспортуванні:

- дотримуватися правил підготовки автопаливоцистерн до заливання нафтопродуктів;
- забезпечувати нормальний технічний стан автопаливоцистерн;
- перевіряти наявність паспортів якості встановленого зразка й відповідність нафтопродуктів паспортним даним;
- використовувати автопаливоцистерни тільки за прямим призначенням;
- поставляти нафтопродукти відповідно до пори року й рекомендацій заводів-виготовлювачів;
- забезпечувати вимірювання кількості нафтопродуктів і повноту зливання.

При зберіганні:

- устанавлювати резервуар відповідно до технічних умов;
- зафарбовувати резервуари відповідно до технічних умов;
- обладнувати працездатними комплектами резервуарний парк;
- виключати нещільності швів резервуарів;
- нумерувати й надписувати марки нафтопродуктів;
- забезпечувати наявність і нормальний технічний стан пристроїв для закритого зливання при прийманні, відпусканні й роздаванні нафтопродуктів;
- забезпечувати наявність і використання устаткування для контролю якості нафтопродуктів;
- забезпечувати наявність і виконання вимог технічної документації на резервуари й технічне устаткування для забору палива й фільтрації.

При заправленні нафтопродуктами:

- забезпечувати справний стан пересувних і стаціонарних засобів заправлення (справність, герметичність, комплектність і працездатність фільтрів);
- виключати використання не за призначенням пересувних засобів заправлення;
- замірювати й урахувати відпущені нафтопродукти з високою точністю.

При використанні тракторів:

- витримувати відповідність нафтопродуктів, що заправляють у машину, рекомендованим заводами-виготовлювачами;
- запобігати випадкам змішування олив різних марок і груп, зимових і літніх марок дизельного палива при зберіганні й заправленні.

При ТО й ремонті обладнання нафтосховищ і заправних засобів:

- дотримуватися технології ТО й ремонту;
- забезпечувати наявність і виконання графіка ТО й ремонту обладнання нафтоскладу, пунктів заправлення й пересувних заправних засобів;
- вчасно та якісно проводити ТО й ремонт нафтообладнання.

Підвищення кваліфікації персоналу

З огляду на те, що кваліфікація інженерних і механізаторських кадрів багато в чому впливає на стан рівня ТЕТ, підготовці фахівців-механіків в АПК необхідно приділяти особливу увагу. В об'єктивних умовах зниження кількості працездатної молоді особливою проблемою становить її залучення

для роботи в механізації сільського господарства, особливо для молодшого й середнього виробничого персоналу.

Форми підготовки кадрів можуть бути найрізноманітнішими. У великих господарствах у місцевих середніх школах створюються бази для викладання учням старших класів основ професії тракториста. Виробничу практику учні проходять безпосередньо в господарстві. Такий підхід до підготовки кадрів, а також створення гарних виробничих умов для праці механізаторів дають змогу вирішити питання про поповнення новими кадрами і закріплення їх у господарствах.

Можлива підготовка й перепідготовка механізаторів на базі сервісних підприємств, у яких діють постійні механізовані ланки, а в напружені періоди робіт створюються тимчасові механізовані загони, в яких забезпечується оволодіння суміжними професіями, підвищення кваліфікації й ін.

В умовах гострого дефіциту підготовлених механізаторів слід звернути увагу на практику організації й методи підготовки кадрів за кордоном. Там найбільше поширені такі форми: підготовка робітників у спеціальних школах; набуття кваліфікації на робочому місці в досвідчених фахівців; поєднання першої й другої форм. Практично кожна фірма, яка виробляє машини, має свої школи або спеціальні курси з підготовки фахівців. Курси організують навіть при заводах-виготовлювачах.

У Франції, наприклад, передбачено для всіх підприємств, що мають більше десяти працівників, відраховувати 2 % засобів на навчання на підприємстві або в професійній школі. Причому при навчанні передбачають два періоди професійної підготовки: перший – первинна підготовка, це навчання певної професії з метою придбання спеціальності; другий – навчання в процесі трудової діяльності. Воно спрямоване на вдосконалення, підвищення кваліфікації, набуття нових знань з урахуванням розвитку техніки. Цей вид підготовки називається *безперервним навчанням*.

Фірма “Даймлер-Бенц” (Німеччина) для навчання має спеціальні навчальні центри, організовані при заводах або їхніх філіях. Кожний механік, зайнятий на ТО, проходить навчання один раз на два роки. У січні-лютому кожного року в школі навчається власний персонал. Аналогічні центри навчання має фірма “Бош” (Німеччина).

Фахівців, що займаються ТО й ремонтом у фірмі “Вольво” (Швеція), готують у спеціальній школі протягом одного року. З появою нової або модернізованої техніки механіків викликають на перепідготовку на один-два тижні. Навчальні центри фірм добре обладнані й мають у своєму розпорядженні навчальну базу для теоретичних і практичних занять.

Якість зберігання тракторів

Якість зберігання МТП визначають насамперед рівнем дотримання правил зберігання, а також наявністю технологічного обладнання й бази для зберігання техніки.

Для цього на підприємстві призначають матеріально відповідальну особу за зберігання машин і організують спеціалізовану ланку з ТО машин при зберіганні. У технічних паспортах машин ведуть записи про напруження, проведені ТО, ремонти і дати постановки тракторів на зберігання. Вибирають спосіб зберігання тракторів, складають план їхнього розміщення й готують відповідні приймально-здавальні акти. Вчасно проводяться періодичні огляди тракторів, які зберігаються.

Матеріальна база зберігання машин повинна включати:

- як мінімум, три ізольованих один від одного складські приміщення (для акумуляторів, гумових і гумотекстильних виробів, а також інших складових частин машин, виготовлених з металу, деревини й текстилю);
- складські приміщення зі стелажми й полицями;
- справні засоби контролю температури й вологості повітря;
- обладнання для нанесення антикорозійних і лакофарбових покриттів, захисних мастил, запобіжних сумішей та ін.;
- вантажопідйомне обладнання, механізми, пристосування, опори, підставки й підкладки для установки машин на зберігання;
- протипожежне обладнання й інвентар;
- огороження території зберігання машин;
- поза зоною зберігання площадки з естакадою для зовнішнього очищення й миття машин.

При постановці на зберігання перелік робіт і якість їхнього виконання повинне відповідати вимогам заводів-виготовлювачів і типової технології ТО для тракторів при зберіганні.

Для підготовки тракторів до зберігання й консервації використовують різне обладнання, призначене для очищення від іржі металевих поверхонь; для розігріву й готування консерваційних і робочоконсерваційних рідин; обдування стисненим повітрям; механізованого нанесення захисних покриттів; герметизації внутрішніх порожнин картерів і корпусів, нагрівання й подавання гарячої води або мийного розчину при розконсервації.

Як антикорозійні суміші використовують:

- консистентні захисні мастила;

- суміш бітуму з бензином у співвідношенні 1:3;
- лакофарбові матеріали.

Виконання всього комплексу робіт зі зберігання МТП дає змогу підвищити показники збереженості машин, ефективніше використовувати техніку, скорочувати витрати на її утримання, а також продовжувати терміни її служби.

Таким чином, господарства АПК відрізняються умовами технічної експлуатації тракторів, що впливає на показники якості їхньої роботи, а в остаточному підсумку впливає на собівартість виробленої продукції. Це пояснюється тим, що рівень ТС у господарствах неоднаковий і залежить від таких основних причин: оснащення відповідним технологічним обладнанням, наявності інженерних і механізаторських кадрів різної кваліфікації; не всі господарства мають у своєму розпорядженні ремонтні майстерні або нафтосклади, площадки для зберігання техніки.

Разом з тим кожне господарство має певні резерви щодо підвищення рівня технічної експлуатації. Важливо виявити найефективніші резерви й ужити заходів з їхньої реалізації. Як було сказано раніше, ТЕТ за різними напрямками можна оцінити п'ятьма окремими показниками рівня – ТО, ПР, ОПО, КТ, ЗТ. Від величини цих показників істотно залежать і загальні показники надійності тракторів. Залежно від можливостей господарства або сервісного підприємства й стану справ по кожному з розглянутих факторів можна вибирати найоптимальніший шлях підвищення вихідного параметра. Якщо зафіксувати максимальні значення двох будь-яких факторів на заданому рівні, то доведення до такого самого рівня двох інших факторів якнайефективніше позначиться на підвищенні напрацювання тракторів на відмову.

У праці [19] наведено номограму, за якою розраховують окремі показники рівня ТЕТ у конкретному господарстві. За номограмою визначають можливе значення напрацювання на відмову. Якщо знайдене значення не влаштовує, то задаються бажаним напрацюванням і за номограмою розглядають різні варіанти її одержання, варіюючи значеннями окремих показників рівня. Зупинившись на прийнятних значеннях окремих показників рівня, за допомогою табл. 3.2 розглядають можливість їхнього одержання для конкретного господарства. За такого підходу можна підвищувати напрацювання на відмову тракторів з мінімально можливими витратами.

Проте поліпшення ТЕТ не відразу забезпечить збільшення напрацювання на відмову трактора, який до того працював у гірших умовах.

Ці зміни забезпечать тенденції до поліпшення протягом певного періоду. У цьому випадку можна судити лише про саму суть явища, тобто впевнено сказати, що в разі того чи іншого удосконалення умов експлуатації обов'язково поліпшиться працездатність трактора, а також кількісно оцінити ці позитивні зрушення.

Контрольні запитання

1. У чому відмінності окремих і узагальнених показників оцінки рівня технічної експлуатації сільськогосподарської техніки?
2. Які рівні оцінювання технічної експлуатації сільськогосподарської техніки ви знаєте і в чому їхні відмінності?
3. Які основні показники найбільше впливають на працездатність тракторів?
4. Які показники використовують для оцінювання якості проведення технічного обслуговування?
5. Які показники враховують при оцінювання якості поточного ремонту техніки?
6. Які показники враховують при оцінці рівня очищення палива й олів?
7. Які показники впливають на оцінку кваліфікації трактористів?
8. Які показники враховують при оцінці якості зберігання сільськогосподарської техніки?
9. Яких заходів необхідно вживати для підтримки високої якості нафтопродуктів?

Розділ 4

ЗАВДАННЯ, МЕТОДИ Й ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ

4.1. Основні поняття й визначення

Для організації сервісного обслуговування сільськогосподарської техніки необхідно оцінювати її стан, який безупинно змінюється під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів. Уявлення про стан машин дає змогу використовувати їх оптимально, здійснювати ремонт з мінімально можливими витратами в найкоротший термін і разом з тим підвищувати надійність.

Визначенням стану технічного об'єкта й характеру його зміни в часі займається *технічна діагностика*. На відміну від теорії надійності, яка в основному вивчає закономірності статистичних показників, що характеризують працездатний стан об'єктів, технічна діагностика вивчає методи, які визначають фактичний поточний стан об'єктів.

Процес визначення стану об'єкта називається *діагностуванням*. *Об'єктом діагностування* (ОД) може бути комплекс, машина, пристрій, вузол, блок, стан яких виявляється. Частина ОД, яку не можна розділити на дрібніші частини, називають елементом. Будь-який ОД складається з елементів. Результат діагностування, тобто висновок про технічний стан, називають *діагнозом*.

Діагностика дає змогу на ранніх стадіях виявити дефекти й несправності та запобігти їхньому розвитку або усунути їх у процесі ТО. Щоб визначити дійсний стан об'єкта, необхідно, по-перше, встановити, що і як саме варто перевірити, а по друге – яких засобів для цього вжити. Отже, технічна діагностика зводиться до аналізу об'єктів діагностування і вибору методів перевірок його дійсного стану, побудови технічних засобів для здійснення перевірок з урахуванням умов експлуатації.

Метою діагностики є визначення технічного стану машини й прогнозування подальших змін її параметрів. Вона дає можливість оцінити стан конкретного ОД у даний час, тобто встановити несправності, які вузли, з'єднання й деталі мають потребу в технічному обслуговуванні або ремонті, який у них залишковий ресурс, які вони мають експлуатаційні показники (потужність, витрату палива, швидкісний режим та ін.).

Стан об'єкта оцінюють за *діагностичними показниками* – певними параметрами і характеристиками. Кожному стану відповідає своє значення діагностичних показників. Відповідно до термінів надійності, якщо ОД може виконати покладені на нього функції, його називають працездатним, а його стан – працездатним станом. При зміні діагностичного показника помилково вважають, що в об'єкті виник дефект. В об'єкті діагностування, що складається з декількох елементів, дефектом буде й порушення зв'язку або поява зайвого зв'язку між елементами. Виникнення дефекту в ОД, що складається всього з одного елемента, відповідає втраті працездатності. Дефект в об'єкті з декількох елементів не обов'язково призводить до втрати його працездатності. Тому при діагностуванні можна встановити дефекти, які призводять до втрати працездатності, і дефекти, які не призводять до втрати працездатності. За наявності дефекту ОД зберігає працездатність або внаслідок надмірності (структурної, тимчасової, інформаційної), через те, що втрата працездатності не всіх елементів не призводить до втрати працездатності об'єкта. У тих випадках, якщо в об'єкті виникає дефект, але працездатності не втрачено, говорять, що *ступінь працездатності* об'єкта знизився, а отже, підвищилась імовірність його відмови надалі.

Процес діагностування для встановлення стану об'єкта передбачає наявність обґрунтованої програми й заданих алгоритмів. *Алгоритм діагностування* (АД) являє собою сукупність приписів про виконання певних операцій і дій у процесі оцінювання діагностичних показників. *Програма діагностування* складається з безлічі АД, поєднаних єдиною метою оцінювання стану технічного об'єкта.

У процесі діагностування, залежно від умов його виконання й особливостей ОД, вирішуються такі *завдання*:

- перевірка працездатності;
- пошук дефектів і несправностей, визначення їхнього характеру;
- прогнозування залишкового ресурсу, тобто визначення моменту часу, коли діагностичні показники досягнуть певного значення або коли об'єкт втратить працездатність.
- установлення діагнозу: підготовка й ухвалення рішення по управлінню технічним станом ОД.

Перше із завдань обов'язково вирішують при діагностуванні об'єктів будь-якого призначення. Якщо об'єкт втратив працездатність або вона значно знизилася, то в процесі діагностування вирішують друге завдання. Доцільність вирішення цього завдання визначається можливістю відновлення

об'єкта, тобто усунення дефекту. Проте, усунути цей дефект можна тільки у випадку, якщо об'єкт ремонтпридатний і пристосований до усунення виникаючих у ньому відмов, а обслуговуючий персонал має засоби й час для відновлення об'єкта.

Пошук дефекту починають, якщо встановлено його наявність, але невідомо, який саме дефект виник. Якщо здійснюють пошук можливого дефекту, то завдання називають *перевіркою справності* об'єкта. Вирішення цього завдання характерне для діагностування об'єкта в процесі перевірки якості виробництва або ремонту.

При вирішенні третього завдання вивчають характер зміни діагностичних показників під впливом зовнішніх і внутрішніх впливів і на основі тенденцій, що сформувалися, прогнозують значення показників у певний момент часу. Сам термін *«прогнозування»* походить від грецького слова *prognosis*, що означає «передбачення, проорокування».

Четверте завдання діагностування вирішується залежно від умов його виконання й особливостей ОД. Найпоширеніші такі *поєднання завдань*, які розв'язують при діагностуванні для підготовки й прийняття рішення:

- визначення працездатності або її ступеня й пошук дефекту;
- визначення працездатності або її ступеня й прогнозування зміни стану;
- визначення працездатності або її ступеня, пошук дефекту й прогнозування зміни стану.

Перше поєднання застосовують при діагностуванні відновлюваних ОД. У цьому випадку на основі отриманого діагнозу обслуговуючий персонал відновлює його працездатність. Друге поєднання відповідає випадку діагностування невідновлюваного ОД, якщо обслуговуючий персонал, з огляду на діагноз, приймає рішення про його застосування або режим використання. Третє поєднання (якщо при діагностуванні вирішуються всі три основні завдання діагностування) застосовують для відновлюваного ОД за необхідності встановлення терміну безвідмовного його функціонування. Таке поєднання типове для діагностування високоскладних і особливо відповідальних ОД.

Методологія технічної діагностики ґрунтується на таких вихідних положеннях.

1. При діагностуванні передбачається, що ОД може перебувати в кінцевій безлічі станів S . Під впливом зовнішніх факторів і внаслідок внутрішніх незворотних процесів стан технічних об'єктів змінюється безупинно. Через обмежені можливості контрольних і вимірювальних засобів фік-

сується обмежена безліч станів S , які розділяють на дві непересічні підмножини S_1 і S_2 . Перехід ОД з одного стану в інший викликається відмовою. Підмножина $S_1 = \{s_i\}$, $i = \overline{1, n}$ включає всі стани, за яких значення параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної й конструктивної документації – тобто працездатні стани. Кожний стан S_i у цій підмножині відрізняється ступенем або запасом працездатності, які характеризуються наближенням стану ОД до граничного. Оцінюють стан, вимірюючи й контролюючи параметри або характеристики.

Підмножина $S_2 = \{s_j\}$, $j = \overline{1, m}$ включає всі стани об'єкта, які відповідають виникненню відмов, що призводять до втрати працездатності. Можливі відмови поділяють на відмови елементів, що визначаються як неприпустимі кількісні зміни будь-якого параметра функціонування внаслідок незворотних змін ОД, – *параметричні відмови*, і відмови об'єкта, що трактуються як неприпустимі зміни характеристик або зміни структурних зв'язків, – *функціональні відмови*. Потужність підмножини S_2 визначається кількістю різних дефектів, тобто глибиною пошуку дефектів. Перехід з одного стану до іншого залежить від виникнення в об'єкті дефекту й перетворення на відмову.

2. Оцінювання стану ОД зводиться до аналізу всієї безлічі S або її підмножин S_1 і S_2 . Для цього перевіряють умови працездатності, за результатами якої стан ОД відносять до однієї з підмножин. Якщо встановлять, що об'єкт непрацездатний, то аналізують підмножину S_2 для пошуку дефекту й визначають, якій саме підмножині S_j відповідає поточний стан об'єкта.

При прогнозуванні зміни стану ОД аналізують підмножину S_1 , при цьому кожному стану S_i відповідає певний ступінь працездатності ОД. Аналіз стану ОД у підмножині S_1 дає змогу встановити характер зміни ступеня його працездатності і передбачити час переходу об'єкта в підмножину S_2 , а отже, прогнозувати стан ОД, що визначається вивченістю умов експлуатації й можливістю вимірювання параметрів і характеристик, що описують їхні зміни в часі.

3. Для діагностування використовують *технічні засоби діагностування* (ТЗД) і *оператор*, який при вирішенні завдань з керування технічним станом ОД забезпечує підготовку й ухвалення рішення. Технічними засобами діагностування називають засоби, призначені для визначення стану ОД. До *системи діагностування* (СД) включають об'єкт, ТЗД і оператора, а

діагностичне забезпечення (ДЗ) здійснює програма діагностування і ТЗД, що її забезпечують.

4. Виникнення в ОД дефекту не означає, що об'єкт непрацездатний. Виникнення дефекту призводить до того, що об'єкт із одного стану S_k переходить в інший стан S_l . Однак при цьому умови працездатності можуть не порушуватись у тому випадку, якщо S_k й S_l належать до підмножини станів S_1 . Таким чином, працездатний об'єкт може мати дефект так само, як і непрацездатний. Отже, висновок про те, що об'єкт працездатний, не означає, що в ньому немає дефектів. З іншого боку, якщо об'єкт непрацездатний, то в ньому обов'язково є дефект.

Будь-який стан ОД описується сукупністю параметрів або ознак. Процес визначення дійсного стану об'єкта, тобто віднесення його до однієї з можливих підмножин, і є розпізнаванням станів, або діагностуванням. Процедура діагностування розбивається на три етапи: опис об'єкта, виявлення ознак дефектів і встановлення діагнозу.

Первинний опис об'єкта полягає в одержанні інформації, необхідної для ухвалення рішення про належність приводу до однієї з можливих підмножин. Це завдання найскладніше, і його важко формалізувати. Практично воно вирішується на підставі досвіду фахівців. Залежно від мети технічного діагнозу об'єкт можна представити різними діагностичними моделями.

Діагностична модель (ДМ) – це аналітичний опис або графоаналітичне подання властивостей об'єкта, що дає підстави віднести стан ОД до тієї чи іншої підмножини станів. Прямі ознаки станів часто недоступні для безпосереднього вимірювання. Наприклад, при функціонуванні об'єкта і його елементів неможливо безпосередньо виміряти зношування пар деталей, які сполучаються, що знижує їхню довговічність і призводить до відмови. Тому за ознаку дефектів вибирають непрямі параметри. Так, зношування сполучених пар можна оцінити за чистотою оливи, температурою робочого середовища, ККД і т.п.

Ухвалення рішення полягає в розробленні правила, що дає змогу одержати достовірний діагноз і правильно віднести об'єкт до певному стану (підмножини S_1 або S_2).

Формально завдання технічної діагностики будь-якого технічного об'єкта ставиться в такий спосіб. У результаті первинного опису ОД і вибору ознак стану системи її описують моделлю

$$K = F(k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_n), \quad (4.1)$$

де K – комплекс ознак; k_i – ознака, що має n розрядів, які деякою мірою характеризують стан об'єкта.

Наприклад, ознака k_i характеризує температуру робочого середовища машини, має три розряди ($n = 3$): знижену, нормальну й підвищену температуру. Кожний розряд цієї ознаки позначається $k_{i,p}$, у розглянутому прикладі $p = 1 - 3$. Приймаємо, що температурі $t < 50^\circ\text{C}$ (зниженій) відповідає $k_{i,1}$; при нормальній температурі $50 \leq t \leq 90^\circ\text{C}$ – $k_{i,2}$; при підвищеній температурі $t > 90^\circ\text{C}$ – $k_{i,3}$.

Конкретному ОД відповідає деяка реалізація безлічі показників при їхньому визначенні або вимірюванні:

$$K^* = F(k_1^*, k_2^*, \dots, k_i^*, \dots, k_n^*), \quad (4.2)$$

де k_i^* – дійсна ознака ОД, отримана в результаті вимірювання, обчислення й т.д.

Можливі стани об'єкта (відношення до підмножини S_1 або S_2), що установлені в результаті діагностування, позначаються такими діагнозами: D_1 – справний стан і D_2 – несправний стан. Тобто необхідно визначити стан ОД за діагнозами D_1 або D_2 , які встановлюються за сукупністю ознак (4.2). Кожна ознака $k_{i,s}^*$ з певною імовірністю характеризує стан об'єкта, оскільки належить до безлічі S_1 або S_2 . Для конкретного ОД завдяки програмі діагностування, що складається з безлічі алгоритмів діагностування (АД), сукупність ознак $k_{i,s}^*$ відносять до одного з можливих діагнозів – D_1 або D_2 . Необхідно також оцінити вірогідність ухваленого рішення.

Під час вибору безлічі діагностичних показників розглядають дві підмножини: прямих і непрямих показників. *Прямими* називають діагностичні показники, які безпосередньо наявні в діагнозах D_1 або D_2 . *Непрямими* називають діагностичні показники, сформовані з прямих чи таких, що характеризують прямі, але їх немає у діагнозах.

4.2. Об'єкти й методи діагностування

Опис ОД полягає у виборі його діагностичної моделі (ДМ). Об'єкт можна розглядати як єдину фізичну систему з невідомою структурою, піддану впливу зовнішніх і внутрішніх факторів. За вихідними характеристиками об'єкта можна встановити його стан. Для вирішення цього завдання використовуються різні моделі. Розглянемо в загальному вигляді ДМ, які найчастіше застосовуються в технічній діагностиці.

Аналітичні моделі. ОД в загальному випадку можна розглядати як перетворювач одних фізичних величин x_i , які вводяться в об'єкт і є вхідними, на вихідні величини y_j , як представлено на рис. 4.1. У векторному вигляді таке перетворення записується так:

$$Y = A \cdot X, \quad (4.3)$$

де X, Y – відповідно вектори вхідних і вихідних величин; A – оператор перетворення величини x на величину y .

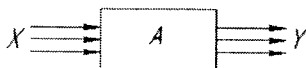


Рис. 4.1. Схема аналітичної діагностичної моделі

Отже, у якості ДМ об'єкта розглядається оператор A , а умовою працездатного стану буде ступінь відповідності реального оператора A^* заданому A_0 . Реальні ОД, як правило, містять нелінійні перетворювачі, але на практиці діагностування виконується аналітична їхня лінеаризація, і тоді оператор перетворення A_0 стає лінійним. У цьому випадку як ДМ використовують лінійні диференціальні рівняння й передаточні функції. Наприклад, аналітична ДМ із лінійним оператором має вигляд

$$L_y(t) = y^n + a_{n-1} \cdot y^{n-1} + \dots + a_0 = x(t), \quad (4.4)$$

де $x(t)$ – функція вхідних величин; $L_y(t)$ – лінійний оператор вихідних функцій.

Застосування ДМ як лінійних операторів дає змогу сформулювати умови працездатності ОД у загальному вигляді, як обмеження для переміщень максимумів і нулів передаточної функції на площині комплексних змінних i , використовуючи метод малого параметра, визначити допустимі зміни контрольованих параметрів. Для побудови такої ДМ необхідно заміряти з достатньою точністю велику кількість параметрів ОД, чого досягти досить складно. Тому на практиці часто обмежуються побудовою моделі на основі передаточних функцій для обмеженої кількості входів і виходів.

Обсяг обчислювальних робіт під час діагностики за аналітичними моделями значно скорочується, якщо застосовувати порівняльні діаграми проходження вхідних і вихідних сигналів.

Функціональні моделі. Практично будь-який ОД можна розділити на кілька взаємозалежних елементів, кожний з яких має самостійне призначення. У цьому випадку ДМ використовують так звану функціональну модель (рис. 4.2). Це графічне зображення об'єкта, в якому кожна виділена частина (функціональний елемент) позначається прямокутником з декількома входами й виходами. Кількість входів відповідає кількості впливів. Стан елемента оцінюється одиницею, якщо при подачі всіх входів на виході виникає допустима реакція. Якщо на виході утвориться недопустима реакція, то стан елемента позначається нулем. За допомогою функціональних моделей можна задати безліч станів ОД і його елементів. Потужність підмножин станів S_1 або S_2 визначається кількістю можливих станів елементів.

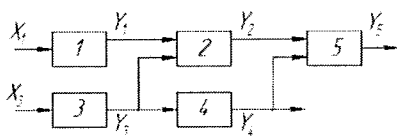


Рис. 4.2. Схема функціональної діагностичної моделі

Під час аналізу ОД за допомогою їхніх функціональних моделей передбачається, що одночасно може відмовити тільки один елемент. На базі функціональної моделі ОД будують таблицю станів, у якій кількість рядків дорівнює кількості станів об'єкта, а кількість стовпців – кількості перевірок. Кожний рядок містить сукупність результатів усіх перевірок при одному зі станів об'єкта, а кожний стовпець – результати однієї перевірки для

всієї сукупності розглянутих станів. За таблицею станів можна визначити стан об'єкта залежно від стану його елементів. Функціональна модель дає змогу використовувати формальний апарат логіки для визначення оптимальної кількості необхідних перевірок.

Методи діагностування. Для визначення стану ОД найбільше поширені функціональний, тестовий, вібраційний, акустичний і змішаний методи. При діагностуванні ОД за оцінкою виконання покладених на нього функцій (*функціональне діагностування*) або за реакцією на зовнішні (*тестові*) впливи (*тестове діагностування*) аналізуються ознаки працездатного стану. При діагностуванні *акустичним* і *вібраційним* методами аналізуються інтегральні непрямі ознаки працездатного стану. Для складних ОД, що містять декілька взаємозалежних елементів, можна поєднувати різні методи при діагностуванні різних елементів. При цьому можна застосовувати для одного елемента об'єкта як функціональне, так і тестове діагностування або для однієї частини елементів застосовувати один метод, а для іншої – інший.

Основною перевагою функціонального діагностування є те, що для його реалізації не потрібні спеціальні генератори стимулюючих впливів. Діагностування полягає в обробленні інформації, що характеризує якість функціонування ОД. За цим методом необхідно визначити характер інформації, а також вибрати в об'єкті точки й моменти їх змінання.

На рис. 4.3 показано класифікацію методів функціонального діагностування. Функціональне діагностування можна здійснювати за кінцевим результатом, тобто вихідним параметром (характеристикою) об'єкта. Вихідну реакцію на робочі впливи можна оцінювати одномірно – за одним параметром, або багатомірно.

Багатомірність характерна для діагностування дискретних об'єктів і оцінювання стану об'єктів за діагностичними характеристиками, а одномірність – для оцінювання діагностичних параметрів. Якщо ОД – технологічне устаткування або технологічні процеси, то діагностується якість продукції. При цьому також можливі одномірні й багатомірні оцінки.

Функціональне діагностування також може виконуватися за результатами окремої операції, коли оцінюють реакцію структурної одиниці ОД на вхідний вплив або результат операції. І в цьому разі можливі одномірні й багатомірні випадки.

Діагностування може здійснюватися за алгоритмом функціонування ОД. Тоді фіксують тільки правильну послідовність виконання всіх опера-

цій або тільки тимчасові інтервали й тривалість виконання операцій, або те й інше. Вибір методу визначається специфікою ОД та особливістю побудови алгоритму діагностування.

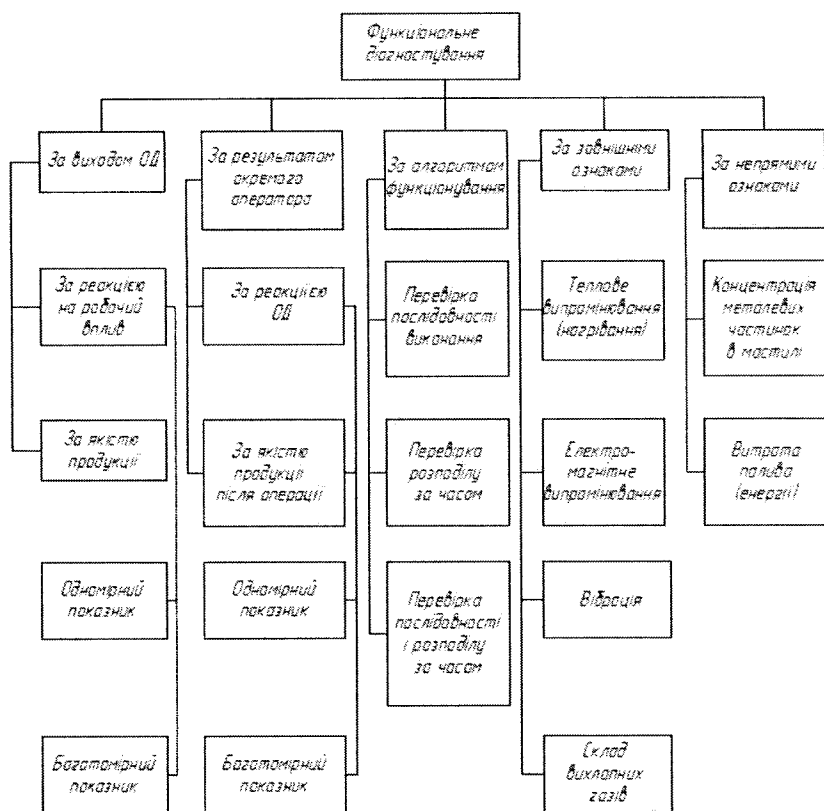


Рис. 4.3. Класифікація методів функціонального діагностування

ОД відповідно з його аналітичною моделлю представляється системою, що перетворює вихідні сигнали на вихідні параметри (див. рис. 4.1). Величини X – сукупність вхідних впливів, що включають зовнішні й внутрішні збурювальні фактори, впливи управління й впливи, що виникають внаслідок прояву внутрішніх несправностей; Y – сукупність вихідних па-

раметрів; A – оператор зв'язку між вхідними й вихідними сигналами, структура якого визначається станом ОД. Отже, за відомими вхідними впливами при різних станах ОД і різних операторах A виходять відповідні їм закони зміни вихідних параметрів. Це дає змогу одержувати образи станів ОД і виконувати діагностування. Під час розроблення програм і алгоритмів діагностування вибирають ті параметри, контроль за якими дає найбільш об'єктивні відомості про стан приводу.

Стан ОД в процесі його функціонального діагностування також оцінюють за різними зовнішніми (непрямими) ознаками. Насамперед, це супутнє нагрівання окремих деталей або взагалі теплове поле, створюване об'єктом при функціонуванні. Нагрівання елементів об'єкта понад допустиму межу говорить про виникнення в ньому відмови або дефекту. Про стан механічних елементів ОД при діагностуванні також роблять висновок за різними непрямими ознаками. В об'єктах з третьовими деталями зношування супроводжується збільшенням концентрації металевих краплень у мастилі. Фіксуючи ці зміни, міркують про ступінь зношування третьових деталей, а отже, про зміну стану об'єкта. Для оцінювання стану двигунів у процесі їхнього діагностування використовують результати аналізу вихлопних газів. Інформацію про стан двигуна також дають витрати палива або споживання енергії. Зазвичай, збільшення витрати палива або енергії свідчить про порушення в роботі об'єкта, які можуть бути спричинені виникненням дефекту.

Для оцінювальні стану електротехнічних та електронних елементів ОД використовують електромагнітне поле, створюване ними під час діагностування. Викривлення цього поля свідчить про те, що стан об'єкта змінився.

Більші можливості для оцінювання стану об'єктів з рухливими елементами обертального й поступального руху мають віброакустичні методи. Аналіз віброакустичного поля об'єкта дає змогу виявити ненормальності в його роботі, спричинені зміною його стану.

Основною відмінною рисою стану є те, що при функціональному діагностуванні на вхід ОД надходять нормальні робочі впливи й він функціонує в нормальних умовах.

Тестове діагностування. Виконання тестового діагностування потребує застосування додаткових ТЗД – генераторів, які виробляють спеціальні тестові впливи, що подаються в ОД і стимулюють його реакцію. За ступенем відхилення реакції ОД від номінальної при тестовому впливі судять про його стан.

На рис. 4.4 наведено класифікацію основних методів тестового діагностування. Його здійснюють як при функціонуванні ОД, так і в тих випадках, якщо об'єкт не виконує своїх робочих функцій. Під час тестового діагностування необхідно вжити заходів, що виключають вплив тестових впливів на правильність функціонування ОД, а також додатково може знадобитися введення його в режим діагностування.

При тестовому діагностуванні використовують як робочі входи, призначені для введення робочих впливів, так і спеціально встановлені додаткові входи. Це положення справедливе й для виходів знімання інформації про реакції об'єкта на тестовий вплив при його діагностуванні. Тестове діагностування здійснюють одним впливом, наприклад одним імпульсом, тобто в результаті однієї перевірки, або багаторазовим впливом – серією імпульсів, що відповідає сукупності елементарних перевірок.

Багаторазовий вплив характерний для тестового діагностування дискретних об'єктів, коли на вхід подається послідовність імпульсів. При тестовому діагностуванні можливий одномірний випадок, коли оцінюють один показник, або багатомірний, коли оцінюють більше одного показника. Багатомірні випадки специфічні для дискретних об'єктів, коли на вхід подають і з виходу знімають векторні величини. До багатомірного належить і випадок, якщо на виході об'єкта оцінюють один вихідний сигнал за декількома показниками.

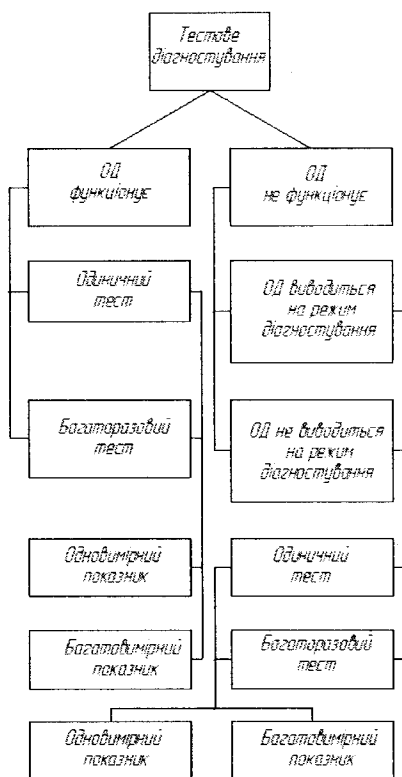


Рис. 4.4. Класифікація методів тестового діагностування

Діагностування в життєвому циклі ОД. Для будь-якого технічного об'єкта характерні такі стадії життєвого циклу: проектування, виробництво, експлуатація. Під експлуатацією розуміють як застосування об'єкта за функціональним призначенням, так і комплекс заходів з підтримки й забезпечення заданого рівня його працездатності. Діагностування пов'язане з усіма стадіями життєвого циклу об'єкта (рис. 4.5). Під час проектування виникає необхідність розробити працездатні об'єкти при заданих умовах експлуатації, а при виготовленні забезпечуються стани, які входять у підмножину S_1 . Відповідно під час експлуатації необхідно забезпечувати стани об'єкта в підмножині S_1 зберігаючи або відновлюючи його працездатний стан.

Для цього у період проектування необхідно передбачати оцінку стану розроблюваного об'єкта, роблячи його контролепридатним, у процесі виробництва потрібно оцінювати стан комплектуючих елементів, домагаючись працездатності об'єкта, що виготовляється, і, нарешті, при експлуатації слід періодично оцінювати стан об'єкта, щоб прийняти рішення щодо його використання або відновлення працездатного стану.

У процесі експлуатації об'єкта найбільшу роль у технічному сервісі відіграє організація процесу діагностування об'єкта й ТЗД. У зв'язку з цим на самому початковому етапі проектування СД необхідно організувати процес діагностування: визначити його періодичність і тривалість. У ряді випадків при вирішенні цих завдань можуть бути отримані рекомендації щодо зміни режиму використання об'єкта за призначенням.

Щоб забезпечити оцінку стану об'єкта під час діагностування в життєвому циклі, необхідно, по-перше, спроектувати об'єкт, пристосований до оцінювання його стану з необхідною глибиною й вірогідністю; по-друге, створити СД, в яку включаються програми діагностування й ТЗД, які дають змогу оцінювати стан об'єкта в заданих умовах; по-третє, визначити роль і функції оператора, що бере участь у процесі діагностування.

Отже, при розробленні технічного об'єкта необхідно проектувати й систему його діагностування. Найбільший ефект при діагностуванні об'єкта буде досягнуто тільки в тому випадку, якщо рішення, прийняті під час проектування окремих елементів системи діагностування, будуть узгоджені між собою. Щоб об'єкт був пристосований до діагностування, необхідно під час його проектування розробити діагностичне забезпечення, яке включає перелік оцінюваних діагностичних показників, методи їхнього оцінювання, умови працездатності й ознаки наявності дефектів, алгоритми

й програму діагностування. На основі отриманого діагностичного забезпечення проєктують ТЗД, що дає змогу оцінювати стан об'єкта в заданих умовах. У процесі проєктування об'єкта також оцінюється ефективність, яку можна досягти при використанні системи діагностування.

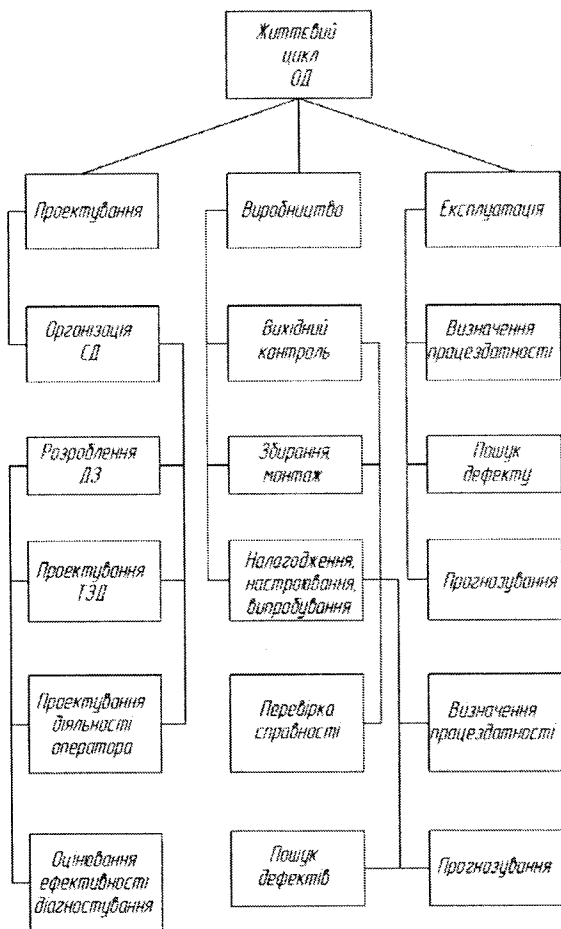


Рис. 4.5. Діагностування в життєвому циклі технічного об'єкта: ОД – об'єкт діагностування; СД – система діагностування; ДЗ – діагностичне забезпечення; ТЗД – технічні засоби діагностування

Основне завдання виробництва – забезпечити вимоги, що пред'являються до ОД і ТЗД. У процесі виробництва як ОД, так і ТЗД необхідно оцінювати стан окремих їхніх елементів, щоб перевірити правильність збирання й монтажу під час вихідного контролю, а також настроювання, налагодження й випробування. Для визначення правильності збирання й монтажу на вихідному контролі, зазвичай, перевіряють справність. При настроюванні, налагодженні або випробуваннях перевіряють працездатність, а за необхідності здійснюють пошук дефекту. Процес діагностування при виробництві об'єкта й ТЗД багато в чому визначають специфіка й технологія виробництва. У зв'язку з цим у процесі виробництва необхідно зробити вибір методів діагностування, щоб забезпечити достатню глибину й вірогідність оцінювання стану ОД і ТЗД.

Щоб визначити працездатність ОД і ТЗД у процесі експлуатації, діагностування виконують безупинно або періодично. За необхідності здійснюють прогнозування або пошук дефекту для визначення обсягів профілактичних або відбудовних робіт. Діагностування на цьому дає підстави обґрунтовано приймати рішення про використання об'єкта.

Діагностуванню піддають ОД в режимі зберігання або під час переходу з нього в режим використання, а в деяких випадках діагностують у період використання за призначенням.

Завдання, пов'язані з необхідністю діагностування технічного об'єкта на різних стадіях, можуть виявитися різними. Цю обставину слід враховувати при розробленні системи діагностування, вчасно погоджуючи рішення, прийняті при проектуванні її елементів. Відмінність у завданнях, розв'язуваних під час діагностування об'єкта на різних стадіях потребує розробки ТЗД, призначених для використання на конкретних стадіях. Певні ТЗД можуть призначатися для діагностування об'єктів тільки в процесі виробництва, інші – тільки в процесі експлуатації ОД. У ряді випадків ідуть на компроміс і створюють ТЗД для діагностування об'єктів на всіх стадіях.

Таким чином, система діагностування ефективна в тих випадках, коли стан технічного об'єкта оцінюватимуть на всіх стадіях його життєвого циклу. Тоді підвищується ефективність використання ОД і надійність його можна підтримувати на рівні, закладеному під час проектування. Поза залежністю від стадій життєвого циклу при діагностуванні складних ОД, працездатність яких характеризується великою кількістю вихідних параметрів, необхідно з усієї сукупності параметрів вибрати ті, які найчутливіші до зміни станів. Це вирішується під час вибору ознак станів.

Вібраційна діагностика відноситься до інтегральних методів оцінювання станів ОД. Вібраційні процеси, що виникають у технічних системах, високоінформативні й досить повно відбивають технічний стан багатьох вузлів і об'єкта в цілому. Вібраційна діагностика використовує в якості діагностичних сигналів різні характеристики коливальних процесів: механічні й акустичні коливання в пружних середовищах, динамічні деформації й ін.

Вібраційні сигнали мають широкий частотний діапазон і швидко, практично миттєво, реагують на зміну стану ОД. Вони порівняно просто перетворюються на електричні сигнали, що дає змогу автоматизувати процес діагностики.

У загальному випадку під час вібраційної діагностики необхідно розглядати три види вібрацій: роторну, редукторну й вібрацію підшипників. Ротор будь-якої машини є основним джерелом вібрацій. Роторна вібрація в основному спричинюється пружно-масовими властивостями системи ротор–корпус, дисбалансом ротора, зношуванням пар, що з'єднуються, розходженням частотних характеристик елементів та ін.

Складна коливальна система ротор–корпус зумовлює наявність ряду критичних частот, які утворюють *роторну* вібрацію. Амплітуда вібрацій залежить від величини дисбалансу ротора, відношення критичної частоти обертання до робочого й ступеня демпфірування. При широкому робочому діапазоні в ОД частот обертання, швидкостей переміщення часто не вдається уникнути критичних частот обертання, особливо якщо ОД має кілька роторів. При відношенні частот обертання роторів, близькому до одиниці, ω виникає биття. Залежно від типу й конструкції машини, частоти першої гармоніки для роторної вібрації повинні бути нормовані. При цьому за основний критерій інтенсивності вібрацій будь-якого походження приймається допустиме значення амплітуди.

Вібрація, яка збуджується редукторами й механічними передачами, називається *редукторною*. Ця вібрація пов'язана з кінематичними, імпульсними, параметричними порушеннями, а також невірноваженістю обертових мас. *Кінематичне* порушення пов'язане з погіршеннями виготовлення. *Імпульсне* порушення має місце при взаємодії кінематичних пар під час входу й виходу з контакту. *Параметричне* порушення спричинюється змінними характеристиками механічних передач (твердістю зчеплень, змінною геометричних параметрів і т. д.). Імпульсне й кінематичне порушення спричинюють вібрацію із частотою $\omega_0 = \omega z$ (ω – частота обертання ротора; z – число контактуючих елементів у кінематичних парах). Кінематич-

не порушення, крім того, зумовлює коливання із частотами прояву погіршностей, що є спектром погіршностей кінематичних пар. Також збуджуються вібрації із частотою власних коливань роторів через невірноваженість обертових частин. Редукторна вібрація має щільний дискретний характер з великою інтенсивністю деяких складових, які доходять по високих амплітуд.

Підшипниковою називається вібрація, спричинювана підшипниками кочення, що є наслідком геометричних і технологічних погіршностей, монтажних, теплових зазорів і змінної податливості елементів підшипника й корпусів.

У реальних умовах усі три види вібрацій проявляються спільно й утворюють сукупний ефект, за яким оцінюється технічний стан ОД. За модель вібрацій приймають опис стану за допомогою гармонійних рівнянь. Відповідно до цієї моделі, результати вимірювань представляються у формі амплітуд і частот для кожної складової частоти вібрації. Однак, ця модель не відбиває всіх компонентів діагностики. Вібрація за своєю суттю являє собою випадковий процес. Тому для опису вібрацій доцільно приймати імовірнісну модель. Для цього можна використати відому властивість концентрації коливальної енергії у вузьких частотних смугах на тлі широкого шуму.

Акустичну діагностику засновано на тому, що кожному стану ОД відповідають цілком певні акустичні сигнали. Шумоутворення – складне фізичне явище, яке характеризується макро- й мікроскопічними процесами. Макроскопічні процеси характеризуються імпульсами значної величини, що виникають під час взаємодії частин механізмів (ударів клапанів, зубців, поршнів циліндрів та ін.), а також через наявність зазорів у з'єднаннях кінематичних пар. Поява мікроскопічних імпульсів пов'язана з дискретною природою сил тертя й властивостями робочих рідин. Поверхня будь-якої деталі завжди шорсткувата. Площа контакту пар, що з'єднуються, і параметри тертя в місці контакту в будь-який момент нерегулярно змінюються в процесі відносного руху деталей, а також наявності змащення. Усе це збуджує пружні коливання деталей, які сприймаються як шум. У реальних умовах процес шумоутворення значно складніший. Записуючи шум механізму, що працює в незмінних умовах, неможливо одержати дві однакові осцилограми. Однак відсутність тотожності не виключає шуму, як показника стану механізму. Більше того, відповідне статистичне оброблення інформації про шум дає змогу встановити ряд ознак станів.

Тому вибір акустичних явищ як джерела інформації про стан системи зумовлено низкою причин:

- шуми є відображенням найбільш істотних фізичних процесів, що відбуваються всередині ОД під час його функціонування;
- шум як носій інформації має велику ємність через широкий спектр;
- реєстрація шуму дає змогу виконувати швидкі вимірювання в природних умовах роботи ОД.

Таким чином, за віброметричним та акустичним методами контролю можна діагностувати не розбираючи машину на складові частини. Параметрами вважають загальний рівень вібрації звуку, смугу частот, амплітуду й фазу імпульсів.

Порівняння інформаційних властивостей шуму й вібрації показує, що статистичні частотні властивості шумових і вібраційних сигналів, зазвичай, збігаються. Як вібрації, так і шум являють собою нерегулярні гармонійні коливання, що мають певний ступінь періодичності.

Діагностування за параметрами *герметичності* робочих ємностей полягає у виявленні й кількісному оцінюванні витоків газів і рідин з робочих ємностей агрегатів машини. Це циліндри двигуна, система охолодження, агрегати гідравлічних систем, пневматичні приводи, шини й т.д. Найпоширеніші якісні методи діагностування цього виду: візуальне виявлення порушення герметичності за слідами підтікання або убутку оливи, палива, спеціальних рідин; вимірювання кількості газів, що прорвалися назовні; вимірювання тиску; обпресування стисненим повітрям або рідиною.

Для кількісного оцінювання герметичності використовують різні величини:

- відносні нещільності, які визначають пневматичним калібратором, і відносні витoki;
- падіння тиску за певний проміжок часу.

Для багатьох агрегатів машин найбільш інформативними є *теплові* методи контролю технічного стану, які за способом одержання характеристик поділяються на контактні й неконтактні.

До контактних методів належать:

- методи вимірювання температури в різних точках об'єкта за допомогою *термопар*;
- методи, засновані на використанні *температурно-чутливих фарб* і *сумішей*, які змінюють свій колір або плавляться при певній температурі деталей, на які вони нанесені;

- методи, пов'язані із застосуванням *рідкокристалічних сполук*, фарбування яких зворотно змінюється залежно від температури;
- методи, засновані на використанні властивості *фотографічних імпульсів* змінювати швидкість прояву залежно від температури.

Найточнішими є методи, які використовують рідкокристалічні сполуки, що дає змогу вимірювати температуру з точністю до 0,1 °С.

До неконтактних методів належать:

- методи *євапорографії*, засновані на перетворенні теплового випромінювання об'єкта на видиме зображення завдяки випарюванню або конденсації рідини на тонкій мембрані;
- методи *крайового поглинання*, які ґрунтуються на використанні залежності положення межі поглинання деяких напівпровідників від температури;
- методи, що використовують явища *фотоємисії* та *вторинної емисії* електронів;
- методи, які ґрунтуються на властивості *люмінофорів* змінювати інтенсивність світіння під дією температури;
- методи, що застосовують *сканування* електронним або оптичним променем.

Найпоширенішими ТЗД контактним методом є термометри опору, термоелектричні термометри, напівпровідникові термоперетворювачі; для неконтактних методів – різні оптичні прилади.

Багато робочих процесів, що відбуваються в агрегатах і системах машин, часто й у певній послідовності повторюються. Оцінити технічний стан внутрішніх порожнин без розбирання машин можна за методами *ендоскопії*, а зовнішні – *стробоскопії*.

За допомогою названих методів оцінюють технічний стан і працездатність складальних одиниць, агрегатів і машин як за вихідними показниками ОД, так і за показниками, що відбивають фізичні процеси, які протікають у ньому. Тому під час розроблення системи діагностування ОД не обмежуються одним методом, а створюють комплекс ТЗД, в якому для кожної ознаки стану вибирають найбільш ефективний метод його контролю.

4.3. Ознаки станів технічних об'єктів

Функціонування й процеси в ОД характеризуються взаємозв'язками внутрішніх і зовнішніх параметрів. При граничному або непрацездатному

стані ці параметри змінюються за певними законами, які залежать від місця й типу відмов. Кожна конкретна відмова технічного об'єкта має одну або декілька зовнішніх ознак. В одному випадку зовнішня ознака (вихідний параметр) указує безпосередньо на наявність конкретної відмови, а в іншому – характеризує відмову тільки побічно.

Кількість можливих відмов об'єкта, а отже, й зовнішніх ознак їхнього прояву, значна. Очевидно, практично неможливо створити систему діагностування, за якою можна було б визначати стан ОД за всіма зовнішніми ознаками. Під час вибору ознак станів необхідно враховувати вимоги ефективності контролю й оптимізації системи діагностування. Насамперед, ознаки повинні бути однозначно пов'язані зі станом ОД. Можна допустити, що при всякій зміні стану можна знайти ознаки, однозначно пов'язані з ним. Однак при цьому слід враховувати, що зміна ознак – наслідок не тільки зміни технічного стану, а й умов діагностування.

У технічній діагностиці прогнозування стану технічних об'єктів ґрунтується на даних про зміни, що відбуваються в об'єкті з часом під впливом зовнішніх факторів і внутрішніх необоротних фізико-хімічних перетворень.

Картина фізичних змін стану технічних об'єктів пояснює походження кількісних змін в об'єкті й можливий перехід його в інший якісний стан. З моменту виготовлення об'єкта в ньому протікають процеси фізичного старіння, тому його працездатність поступово погіршується, причому швидкість зміни стану неоднакова в різних ОД і в різні періоди їхньої експлуатації. Причинами відмов і процесів їхнього виникнення в більшості випадків є деформація й механічні руйнування матеріалів, порушення електричної ізоляції, теплові руйнування елементів, зношування поверхонь деталей.

Виконати достовірне прогнозування можна тільки в тому випадку, якщо відомі умови, в яких будуть використовувати технічний об'єкт: режими використання, характер навантаження, зовнішні фактори (температура, вологість і т.п.). Чим більше фізичних процесів, що є причинами старіння об'єкта, тим складніші зміни працездатності, тим сутужніше здійснити точний прогноз. Однак зміни параметрів, випадкових для одного об'єкта, носять стійкий статистичний характер для групи об'єктів, причому статистичну стійкість характеризує явно виражена тенденція монотонності й плавності, що є однією з вирішальних передумов для здійснення прогнозування.

Для здійснення прогнозування розглянутий час розділяють на два інтервали: T_1 – інтервал спостереження за станом об'єкта; T_2 – інтервал, на якому здійснюють прогнозування. Природно, чим більший T_1 , тим достовірніший прогноз, оскільки зі збільшенням часу спостереження за станом об'єкта зростає обсяг інформації про прогнозований процес. Проте збільшення інтервалу спостереження призводить до додаткових витрат, пов'язаних з виконанням тривалих вимірів і додатковим обробленням даних, що характеризують стан об'єкта. Тому на практиці намагаються по можливості скоротити інтервал T_1 . Період спостереження може передувати або поєднуватися з використанням об'єкта за призначенням.

Завдання прогнозування зміни стану ОД може бути вирішене методами екстраполяції або класифікації. При прогнозуванні зміни стану технічного об'єкта *методом екстраполяції* визначають значення детермінованих або імовірнісних характеристик процесу зміни стану об'єкта на основі даних, одержаних на ділянці спостереження.

Процедура прогнозування складається з аналізу результатів спостереження, побудови аналітичного виразу, що пов'язує результати спостереження, і власне екстраполяції за допомогою отриманого виразу. При прямій екстраполяції в процесі прогнозування допускають, що умови, які були під час спостереження, надалі залишаються незмінними або змінюються за відомим законом.

Погрішності прогнозування при екстраполяції складаються з погрішностей ТЗД під час фіксації результатів діагностування, погрішностей, допустимих при побудові прогнозуючого виразу, і похибки, внесеної можливими змінами умов для інтервалу T_2 .

При прогнозуванні зміни стану технічних об'єктів, не дивлячись на імовірнісний характер процесів зміни стану, за допомогою екстраполяції вирішують як детерміновані, так і імовірнісні завдання.

При прогнозуванні *методом класифікації* необхідно виявити загальні риси в різних об'єктах, систематизувати їх, сформувані класи й віднести вимірювані значення до класу відомих. У цьому випадку доводиться вирішувати два завдання: 1) побудувати безліч класів; 2) оцінити ознаки й за результатами оцінювання віднести об'єкт прогнозування до того або іншого класу.

Вирішення першого завдання потребує оброблення великого обсягу статистичних даних, одержаних у період експлуатації й використання технічних об'єктів або виконання спеціальних тестових експериментів. Мож-

лівість формування класів багато в чому залежить від вдалого вибору діагностичних ознак. Ці ознаки повинні досить повно характеризувати протікання процесів, що призводять до втрати працездатності ОД, і їхнє оцінювання з необхідною точністю не повинно становити великих труднощів.

Успіх у вирішенні другого завдання багато в чому визначається точністю віднесення об'єкта за результатами оцінювання до відомого класу, що характеризується певною тенденцією зміни стану об'єкта з часом. При використанні класифікації з метою прогнозування зміни стану технічних об'єктів застосовують методи з навчанням і без навчання. Класифікацію з навчанням здійснюють у два етапи: на першому (навчання) формують навчальну вибірку, відбирають інформативну сукупність показників і будують правило класифікації; на другому класифікують об'єкти щодо стану. Під час вибірки невеликого обсягу інформативні показники вибирають методами перебору показників, регресійного аналізу й інформативної нормалізації. При вибірці великого обсягу використовують методи виділення побічних ознак, які є комбінаціями вихідних показників. Для побудови правил класифікації застосовують методи статистичних рішень, потенційних функцій, побудови еліпса розсіювання, узагальнених портретів, багатопараметричної класифікації тощо.

Прогноз для конкретного ОД дає можливість:

- виявити вузли, працездатність яких істотно зміниться в найближчий час, і вчасно підготувати запасні або резервні вузли для заміни;
- уточнити строки ТО й ремонту, спрямовані на підтримку й відновлення працездатності об'єкта;
- обґрунтувати кількість запасних вузлів перед черговим ТО й обсяг ремонтних робіт на період використання об'єкта.

Існує багато причин, які змінюють значення дійсних ознак k_i^* із залежності (4.2) при незмінному стані ОД. Джерела такої неінваріантності можна розділити на три групи.

1. У результаті впливу внутрішніх і зовнішніх випадкових факторів характеристика й параметри ОД мають статистичну мінливість. Це призводить до не відтворюваності значень дійсних ознак при повторних випробуваннях і діагностуванні – джерелом не інваріантності є ОД.

2. У результаті впливу внутрішніх і зовнішніх випадкових факторів характеристика й параметри ТЗД також мають статистичну мінливість, пов'язану з помилками вимірювань, промахами оператора, апаратурними перешкодами й можливими несправностями – джерелом не інваріантності є ТЗД і оператори.

3. Фізична природа ознак діагностування також спричинює мінливість їхніх значень. При такому стані ОД ознака виявляється або не виявляється, а величина його може бути випадковою.

Вибрані ознаки повинні утворювати повну систему для забезпечення достовірного діагнозу. Найкращі ті ознаки, за якими можна виявити несправності на якомога ранніх стадіях їхнього розвитку. На особливу увагу заслуговують характеристики взаємних статистичних зв'язків ознак. За взаємозв'язками між різними процесами устанавлюють ступінь залежності одного процесу від іншого, а також значення одних ознак за іншими. Взаємозалежні ознаки називаються структурними.

Ознаки варто вибирати такі, які зручно визначати, вимірювати в процесі експлуатації й оброблювати під час аналізу. Недоцільно штучно розширювати номенклатуру ознак. Насамперед вибирають ті ознаки, зміна яких у процесі експлуатації призводить до максимальних втрат. Пошук інформативних ознак надзвичайно складний і також залежить від вибраного методу діагностики.

Статистичний метод вибору діагностичних ознак. У результаті оброблення граничних станів ОД визначаються закони зміни параметрів і їхні статистичні характеристики. Найзагальніший підхід до вибору ознак станів полягає в аналізі втрат інформації, пов'язаних з неповнотою контролю параметрів. Номенклатура контрольованих ознак складається таким чином, щоб втрати інформації після контролю не перевищували певного рівня. Якщо значимість втрат за кожною ознакою однакова, то визначають мінімальний набір ознак, які забезпечують задану ймовірність працездатності ОД.

Приклад.

Нехай працездатний стан об'єкта характеризується сукупністю контрольованих параметрів (ознак) y_1, y_2, \dots, y_n . Подію, яка полягає в працездатному стані ОД за кожним параметром y_i , позначимо через H_i із імовірністю безвідмовної роботи $P(H_i)$. Імовірність працездатного стану ОД за всіма контрольованими параметрами визначиться відповідно до теореми множення ймовірностей

$$P(\sum_{i=1}^n H_i) = P(H_1) \cdot \prod_{i=2}^n P(H_i / H_{i-1} \cdot H_{i-2} \dots H_1), \quad (4.5)$$

де $P(H_i / H_{i-1} \cdot H_{i-2} \cdot \dots \cdot H_1)$ – умовна ймовірність безвідмовної роботи з параметра y_i за умови, що об'єкт працездатний за всіма іншими параметрами від 1 до $i-1$.

Щоб зменшити кількість ознак, доцільно вибрати першим для контролю ту з них, ймовірність безвідмовної роботи з якою найменша. Для цього визначають ймовірність безвідмовної роботи з кожного параметра незалежно від інших і вибирають найменш надійний. Вимірювання й обчислення контрольованих показників виконують доти, поки в інтервалі часу t не буде забезпечено умову

$$P(t) \leq P\left(\sum_{i=1}^n H_i\right) \cdot P\left(\sum_{j=1}^m K_j\right), \quad (4.6)$$

де $P\left(\sum_{j=1}^m K_j\right)$ – умовна ймовірність безвідмовної роботи ОД за сукупністю неконтрольованих параметрів за інтервал часу t .

Працездатний стан об'єкта також характеризується сукупністю неконтрольованих параметрів z_1, z_2, \dots, z_m . Подію, що полягає в працездатному стані ОД за кожним неконтрольованим параметром z_j , позначимо через K_j з ймовірністю безвідмовної роботи $P(K_j)$. Умовна ймовірність працездатного стану ОД за всіма неконтрольованими параметрами визначається згідно з формулою (4.5) за теоремою множення ймовірностей випадкових подій.

Цей метод вибору сукупності ознак працездатного стану ОД не забезпечує точності прогнозування, якщо параметри розподілу їхніх статистичних характеристик M і σ описуються різними законами. У таких випадках за ознаки частіше вибирають тільки ті, які мають мінімальну дисперсію. Під час контролювання, внаслідок помилок вимірювань і розкиду характеристик ОД, кожна ознака набуває випадкових значень. Тому при контролюванні станів необхідно брати до уваги не тільки величину того або іншого параметра, а й величину M – мірного вектора, що є сукупністю всіх параметрів. На практиці найчастіше приймають нормальний закон розподілу випадкових значень діагностичних ознак.

Ознаки вібраційного й акустичного діагностування. Статистичні частотні властивості вібраційних і шумових сигналів, зазвичай, збігаються, оскільки вібрації й шуми являють собою нерегулярні гармонійні коливан-

ня з певним ступенем періодичності. Тому сигнал, що являє собою нерегулярні коливання, для діагностування слід відповідно обробити й виділити корисний сигнал, а потім виміряти ймовірність миттєвих значень сигналу $P(x)$ або кривої $P(A)$, що обгинає середнє значення його амплітуди A , коефіцієнта варіації амплітуди v_a та інших інформативних характеристик.

Корисні складові сигналу виділяють за допомогою лінійних фільтрів з деякою смугою пропускання частоти $\Delta\omega$. Діапазони смуг пропускання частот вибирають залежно від відомих частот вібрацій ОД: роторної, редукторної, підшипників та ін. При цьому не завжди забезпечується вірогідність сигналів і спотворюються характеристики через пропускну здатність фільтрів. Під час оцінювання вібросигналів ОД ураховують інтенсивність усіх частотних складових його елементів. У цьому випадку смуга пропускання фільтра $\Delta\omega = \omega_v - \omega_n$, де ω_v й ω_n – верхня й нижня смуги пропускання фільтра). За діагностичну ознаку вібростану приймають середнє значення амплітуди сигналу в смузі частот $\Delta\omega$.

Для акустичної діагностики за ознаку беруть таку характеристику шуму, яка якнайбільше відбиває стан ОД. Тому ознаками при акустичній діагностиці вважають його енергетичні й статистичні характеристики. Найчастіше за енергетичну ознаку приймають *інтенсивність* (або *силу*) звуку (середню потужність шуму), а за статистичну – *кореляційну функцію*.

Силу звуку визначають як кількість енергії, що переноситься звуковою хвилею за одиницю часу через одиничну площину, розміщену перпендикулярно до напрямку поширення сигналу. Величину сили звуку ОД визначають шумомірами за середньою величиною сигналу, на основі яких визначають діагноз.

Якщо ж відомо, що шум ОД має періодичні складові, за діагностичну ознаку приймають кореляційну функцію. Шум ОД являє собою сукупність випадкових коливань, але миттєві значення амплітуд його змінюються не зовсім довільно. Для двох близьких моментів часу t й $t + \tau$ величина амплітуди коливань елементів ОД змінюється незначно, що пояснюється інерційністю джерел коливань.

Щоб оцінити статистичний зв'язок між значеннями амплітуд $x(t)$ і $x(t + \tau)$, вводять кореляційну функцію, що являє собою математичне очікування їхнього добутку $R(\tau) = M[x(t) \cdot x(t + \tau)]$.

Кореляційну функцію процесу визначають у такий спосіб. Розглядають дві осцилограми $x(t)$ й $x^*(t)$ шуму того самого ОД, записані протягом інтервалу T для двох близьких моментів часу t й $t + \tau$. Одна осцилограма зміщується на величину відрізка часу τ щодо іншої (рис. 4.6).

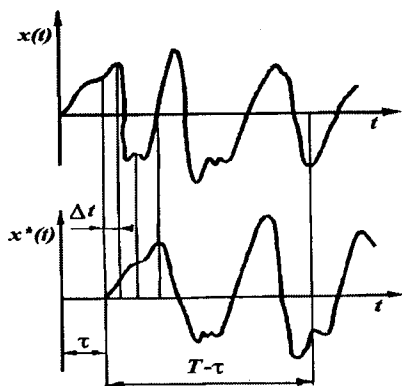


Рис. 4.6. Схема визначення коефіцієнта кореляції

Розіб'ємо весь інтервал T на n рівних проміжків $\Delta t = T/n$ і, перемноживши значення амплітуд у точках розподілу, одержимо кореляційну функцію у вигляді

$$R(\tau) = \sum_{i=1}^n x_i(t) \cdot x_i^*(t + \tau). \quad (4.7)$$

Для визначення кореляційних функцій застосовують спеціальні пристрої – корелятори. Точність визначення кореляційної функції залежить від прийнятого зміщення τ й кроку обчислень Δt . Оброблення осцилограм шуму показує, що кореляційна функція чутлива до станів машин і механізмів, а тому вона може бути їхньою діагностичною ознакою.

Ознаками функціонального методу діагностики при граничному стані ОД є параметри робочого процесу й кінематичні співвідношення, які змінюються за характерними законами. Тому для діагностування й прогнозування станів об'єкта функціональним методом необхідно знати особливості

зміни його параметрів при різних відмовах і вибрати з них визначальні. Реакцію об'єкта, тобто зміну його параметрів при різних граничних станах, аналітично можна визначити рішенням систем диференціальних рівнянь, що описують його функціонування при наявності відмов. В основу методу беруть припущення про те, що станам об'єкта S_1 й S_2 відповідають деякі зовнішні прояви у вигляді певної зміни параметрів. У реальних умовах об'єкт не є суворо детермінованою системою, оскільки відмови, що приводять до граничних станів, можуть бути як залежними, так і випадковими. Однак при функціональному методі допускається, що поява декількох таких відмов одночасно малоімовірна.

Якщо це допустити, то ознаки функціонального методу діагностування вибирають так. Складають математичну модель функціонування ОД у вигляді системи детермінованих рівнянь, що описують процеси в елементах і їхні взаємні зв'язки, а також залежності параметрів об'єкта при відмовах. У загальному вигляді математична модель ОД являє собою систему рівнянь

$$Y_{il} \left(t, \tau, \frac{dA}{dt} \right) = F_l(t, \tau, Z, x), \quad (4.8)$$

де $Y_{il} \left(t, \tau, \frac{dA}{dt} \right)$ – многочлен відносно операторів диференціювання, векторів коефіцієнтів i -того параметра об'єкта; $F_l(t, \tau, Z, x)$ – нелінійна функція, що пов'язує параметри об'єкта приводу з відмовою l типу; Z – те саме, лінійна функція; t – момент часу, для якого визначається стан об'єкта.

Задавшись типовими функціями первинних несправностей Z і вирішуючи систему рівнянь (4.8), визначають реалізацію параметрів $y_i(t)$, відповідних кожному граничному стану ОД. У результаті аналітичного моделювання для кожної відмови одержують перехідні характеристики зі зміною параметрів у часі. Отже, рішенням системи рівнянь (4.8) для кожної відмови, що призводить до граничного стану визначають допустимі параметри ОД.

Визначальні ознаки вибирають за декількома критеріями. Основним з них є чутливість ознаки до змін, що відбуваються в ОД, спричинених відмовою. Крім чутливості, критерієм вибору ознак є їхні тимчасові характеристики: час запізнення початку зміни параметра щодо моменту появи ві-

дмови й час досягнення максимального значення параметра при появі відмови. Під час визначення ознак станів необхідно розглядати всі потенційні відмови ОД, які призводять до його граничного стану й можуть виникнути в процесі експлуатації. При цьому слід враховувати, що збільшення кількості ознак (контрольованих параметрів) впливає на вірогідність діагнозу в двох напрямках. З одного боку, це забезпечує збільшення інформації, а отже, підвищує коефіцієнт охоплення граничних станів, тобто зростає вірогідність діагностування. З другого боку, збільшення кількості контрольованих параметрів потребує нарощення кількості вимірювань і ТЗД, тобто ускладнює систему вимірів, збільшує їхні помилки й тим самим знижує вірогідність діагнозу. Тому при функціональному методі діагностування вибирають оптимальну кількість ознак, за якої досягається максимальна вірогідність діагнозу працездатного стану.

4.4. Діагностування машин агропромислового комплексу

Важливе місце в системі технічного сервісу АПК посідає технічна діагностика як комплекс заходів з оцінювання стану машин без їхнього розбирання. Ефективність сервісу машин в АПК залежить від того, наскільки об'єктивно враховують стан і особливості конструкцій. Це пов'язано з тим, що закладені властивості й параметри машини в процесі її виготовлення не відтворюються в експлуатації з абсолютною точністю. Різноманітні умови експлуатації техніки в АПК (грунтово-кліматичні, інтенсивність завантаження, кваліфікація кадрів, якість обслуговування й ін.) по-різному впливають на інтенсивність зношування елементів, вузлів, деталей і ще більше збільшують ці розходження. Тому знати тільки загальні властивості й можливості сільськогосподарської техніки недостатньо для правильного її використання, ТО й ремонту.

Впровадження засобів діагностики на підприємствах технічного сервісу АПК дає змогу успішно вирішувати важливу проблему керування технічним станом машин. Таке керування (за В.М. Міхлінім) на прикладі тракторів показано на рис. 4.7; воно передбачає: вимірювання параметрів, оцінювання якісних ознак стану трактора та його складових частин, оброблення результатів діагностування й порівняння отриманих даних з допустимими значеннями діагностованих параметрів, виявлення залишкового ресурсу вузлів і агрегатів, призначення виду, обсягу ремонту й напрацю-

вання до його проведення, відновлення до допустимого рівня параметрів технічного стану трактора.

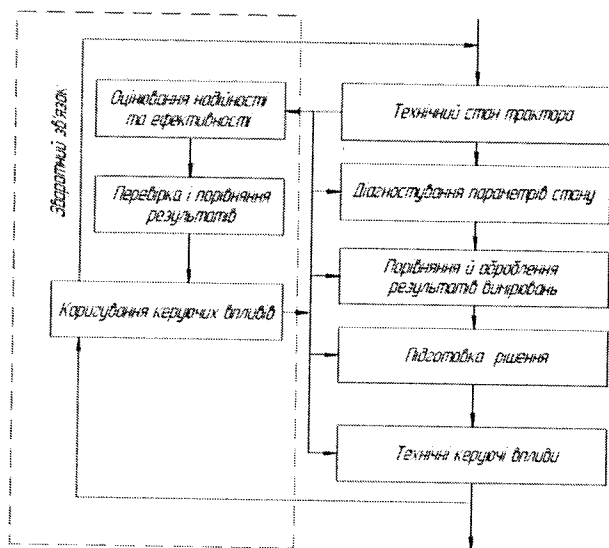


Рис. 4.7. Схема керування технічним станом тракторів і сільськогосподарських машин

Зворотний зв'язок забезпечує отримання даних про показники надійності й ефективності тракторів у процесі експлуатації, перевірку результатів керування шляхом порівняння очікуваних і фактичних керуючих показників з метою одержання найменших відхилень, виявлених при порівнянні.

Технічне діагностування виконує три основні функції: *отримання даних* про стан тракторів, їхніх вузлів і агрегатів; *оброблення й аналіз* цих даних; *підготовку або ухвалення рішення* про проведення профілактичних операцій чи ремонт. Сучасні методи технічної діагностики дають змогу впливати не тільки на стан тракторів, а й на систему їхнього ТО. Технічна діагностика є обов'язковою умовою переходу від витратної системи планово-попереджувальних ТО й ремонту техніки до системи ремонтно-обслуговуючих впливів за фактичним станом і граничним значенням параметрів технічного стану. Плановість тут убачається в регламентній за

виробітком витраті палива або за часом роботи під час технічного контролю тракторів.

Перевірка працездатності тракторів, їхніх вузлів і агрегатів полягає у виявленні певної сукупності дефектів і несправностей при діагностуванні за узагальненими параметрами в процесі виготовлення, ТО й ремонту. Пошук дефектів і несправностей після встановлення факту непрацездатності трактора або його складових частин полягає у виявленні місця, виду, а за необхідності – причини відмови. Прогресивні методи й засоби діагностування при цьому розробляють одночасно з безперервним підвищенням рівня контролепридатності конструкцій тракторів.

Перспективні засоби діагностування для техніки АПК створюються за трьома основними напрямками:

- розроблення комплектів простих і надійних приладів і пристроїв, заснованих переважно на механічних, пневмогідравлічних та електричних засобах вимірювання для контролювання найважливіших параметрів, застосовуваних при простих ТО;
- розроблення простих і універсальних електронних приладів переважно для загального діагностування, застосовуваних з метою оперативного контролю машин при технічному огляді перед напруженим періодом робіт або при ТО середньої складності;
- розроблення багатофункціональних автоматизованих діагностичних установок, застосовуваних при складних ТО, а також для оцінювання якості виготовлення й ремонту.

Не менш перспективним напрямом є також підвищення контролепридатності об'єктів діагностування. Навіть незначне поліпшення властивостей контролепридатності тракторів скорочує витрати на їхні ТО й ремонт. Це насамперед вирішується зменшенням допоміжної трудомісткості на приєднання й від'єднання ТЗД, на що витрачається до 80 % оперативного часу. Досить перспективні в цьому напрямі дослідження, пов'язані з подальшим розвитком універсальних методів діагностування: віброакустичного, спектрального аналізу оливи, а також методу діагностування на перехідних режимах. При цьому потрібно приєднати тільки один-два вимірювальних перетворювачів, щоб забезпечити контролювання великої кількості структурних параметрів стану машин. Допоміжна трудомісткість на приєднання й від'єднання ТЗД відсутня у вбудованих системах діагностування, однак вони істотно підвищують початкову вартість машин.

Щоб розробити обґрунтовані вимоги з поліпшення контролепридатності тракторів та інших машин, необхідно кількісно оцінити властивість контролепридатності, обґрунтувати типові елементи для контролю (ТЕК), а також розробити методику вибору оптимальних ТЕК. Основні види ТЕК представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Типові елементи контролю (за В.М. Міхлінім)

Тип	Елемент		Приклад конструктивного виконання типового елемента для контролю
	Найменування	Визначення	
ТЕК-1	Пристрій доступу	Пристрій, що полегшує контроль, приєднання зовнішнього засобу з об'єктом діагностування	Люк для доступу до заливної горловини радіатора
ТЕК-2	Пристрій приєднання з розривом функціонального ланцюга	Пристрій, що забезпечує приєднання зовнішнього засобу діагностування при нефункціонуючому об'єкті	Штуцер із заглушкою відвідного маслорівня виводу виносного устаткування трактора
ТЕК-3	Пристрій приєднання без розриву функціонального ланцюга	Пристрій, що забезпечує приєднання зовнішнього засобу діагностування при функціонуючому об'єкті	Отвір під установчу шпильку ВМТ циліндра на кожусі маховика двигуна
ТЕК-4	Оцінювання граничного значення	Оцінки у вигляді ліній, рисок, свердліль виступів і т.д., приєднання яких при переміщенні певної складової частини свідчить про досягнення параметром стану граничного значення	Оцінювання ВМТ циліндра дизеля
ТЕК-5	Вбудований показник	Механічний пристрій, виконавчий орган якого переміщується при досягненні параметром стану граничного значення	Показник засміченості повітроочисника за розрідженням у всмоктувальному трубопроводі дизеля
ТЕК-6	Вбудований вимірювальний перетворювач із приєднувальним роз'ємом	Вимірювальний перетворювач, постійно встановлений на складовій частині трактора, що підключається під час вимірювання до зовнішнього засобу діагностування	Датчик тиску в гідросистемі

Тип	Елемент		Приклад конструктивного виконання типового елемента для контролю
	Найменування	Визначення	
ТЕК-7	Вбудований вимірювальний перетворювач допускового контролю	Вимірювальний перетворювач із сигналізатором, спрацьовує при досягненні параметром стану граничного значення, постійно встановлений на складовій частині трактора	Сигналізатор аварійного тиску оливи в головній магістралі двигуна
ТЕК-8	Бортовий показуючий прилад	Показуючий вторинний прилад, встановлений на тракторі, підключений до вбудованого первинного вимірювального перетворювача	Прилад для вимірювання температури охолоджувальної рідини в двигуні
ТЕК-9	Комплект вбудованих вимірювальних перетворювачів з одним загальним розніманням	Кілька вимірювальних перетворювачів, постійно встановлених на складових частинах трактора, з'єднаних із загальним присднувальним розніманням для одновісного з'єднання із зовнішнім засобом діагностування	
ТЕК-10	Комплект вбудованих вимірювальних перетворювачів допускового контролю з одним загальним сигналізатором	Декілька вимірювальних перетворювачів допускового контролю, постійно встановлених на складових частинах трактора, з'єднаних через комутаційний пристрій з одним загальним сигналізатором	
ТЕК-11	Бортова автоматизована система діагностування	Вимірювальна система з програмним і обчислювальним пристроєм, з'єднаний з комплектом вбудованих вимірювальних перетворювачів	

Загальні вимоги до контролепридатності тракторів для застосування ТЕК зводяться до наступного.

1. Для параметрів, контрольованих при ТО-1 і ТО-2, необхідно використовувати прості ТЕК, які забезпечують контроль за принципом «справ-

не-несправне». Для параметрів, контрольованих при ТО-3, слід використати ТЕК, що забезпечують досить високу точність виміру. Особливо це стосується контролю ресурсних параметрів.

У першому випадку необхідно застосовувати вбудовані сигналізатори й показники оцінювання граничного значення параметрів, а також елементи, що забезпечують зручність контролю.

2. Чим вища енергонасиченість трактора, тим краще він пристосований до діагностування, тим більше ТЕК на ньому встановлюється. Це пояснюється тим, що зі збільшенням енергонасиченості й продуктивності зростає ефективність від поліпшення контролепридатності трактора. Тому найбільш потужні сучасні трактори оснащено бортовою комп'ютерною системою діагностування.

3. Для перевірки рівня оливи, води й інших рідин треба застосовувати вбудовані ТЕК для виключення розгерметизації систем при вимірюваннях.

4. Для різного виду педалей, важелів керування й інших деталей, що переміщуються, слід застосовувати відмітку граничного значення параметрів.

5. Щоб забезпечити контролепридатність тракторів, на стадії проектування потрібно розробити єдині технічні умови, що регламентують застосування оптимальних уніфікованих ТЕК.

Технічна діагностика машин у цей час є одним з основних регуляторів у керуванні технічним станом машин, якістю їхнього виготовлення, ТО й ремонту. Впровадження сучасних засобів діагностики тісно пов'язане з розробленням раціональних форм організації праці на сервісних підприємствах. Для цього варто обґрунтовувати оптимальні кількість і номенклатуру ТЗД, кількість і кваліфікацію операторів-діагностів, структуру служби діагностування, зв'язок діагностування з іншими операціями при різних перспективних формах ТО й ремонту, гарантії проведення й оплати робіт, санкції за терміни та якість виконання й т.п.

4.5. Класифікація технічних засобів діагностування

Існує декілька схем класифікації засобів технічного діагностування. Відомі різні класифікації систем діагностування технічних об'єктів, що характеризуються групою певних ознак, вивчення яких дає змогу знайти загальний підхід до їхньої класифікації. Основні системи класифікації залежать від:

- кількості діагностованих агрегатів і частин виробу – *локальні й загальні*;
- характеру впливу на об'єкт діагностування – *функціональні* (під час роботи виробу) і *тестові* (за рахунок подачі на об'єкт тестових впливів);
- використовуваних засобів діагностування – *універсальні, спеціалізовані, вбудовані, зовнішні, переносні, пересувні, стаціонарні*;
- ступеня автоматизації діагностування – *автоматичні, автоматизовані, ручні*;
- монтажного відношення до об'єктів діагностування – *вбудовані, автономні, змішані*;
- способу вихідної сигналізації – *індикація одного граничного параметра, двох граничних параметрів, діапазону значень параметра й індикація із записом спостережуваних значень параметра*;
- фізичного методу вимірювання – *механічні, температурні, акустичні, електричні, тензометричні, оптичні, магнітні* та ін.
- ознаки періодичності спостереження – *засоби безперервного спостереження* (прилади машини), *засоби періодичного спостереження* (стетоскопи, діагностичні стенди та ін.), *засоби спостереження при відмовах* (засоби пошуку несправностей);
- ставлення до об'єкта діагностування або його частин – *стенди діагностування рульового керування, гальмових систем і т.д.*

Відомо багато й інших схем класифікації засобів діагностування. З метою систематизації виділяють шість загальних груп для класифікації ТЗД залежно від таких особливостей: монтажною ознаки; ознаки мобільності; способу індикації вимірюваного параметра; фізичного методу вимірювання; періодичності спостереження; ставлення до об'єкта діагностування або його частин. Розглянемо деякі загальновизнані класифікації діагностичних засобів, що враховують тією чи іншою мірою ці ознаки.

У ДержНДПІ запропоновано діагностичні засоби класифікувати за принципом їхньої мобільності (рис. 4.8) при використанні в сільськогосподарському виробництві: пересувні, переносні й стаціонарні. Цю класифікацію широко застосовують при виборі й обґрунтуванні діагностичних засобів, однак вона не передбачає повною мірою всіх аспектів діагностики, зокрема часу, необхідності й можливості її проведення. Тому на додаток до існуючих класифікацій проф. І.П. Терських запропонував у загальному вигляді розрізняти ТЗД сільськогосподарської техніки залежно від періоду в життєвому циклі: заводську технологічну, ремонтну, експлуатаційну й спеціальну діагностику (рис. 4.9).

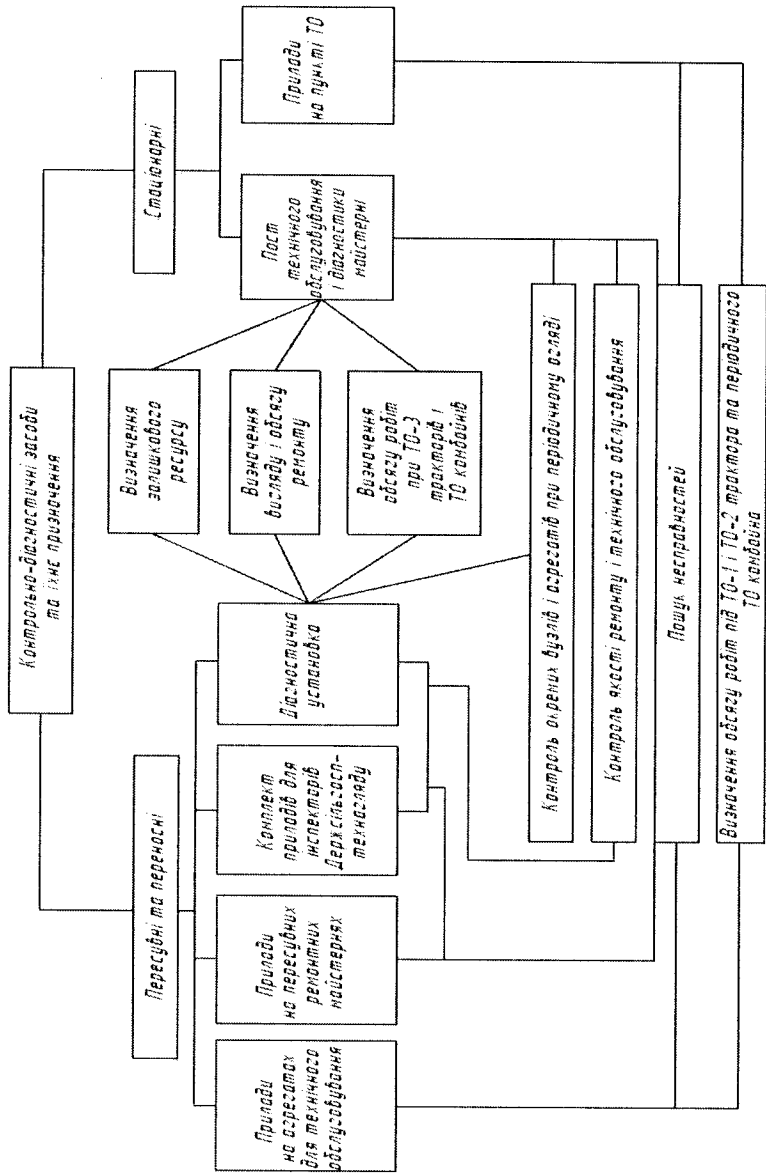


Рис. 4.8. Класифікація ТЗД за ознакою мобільності

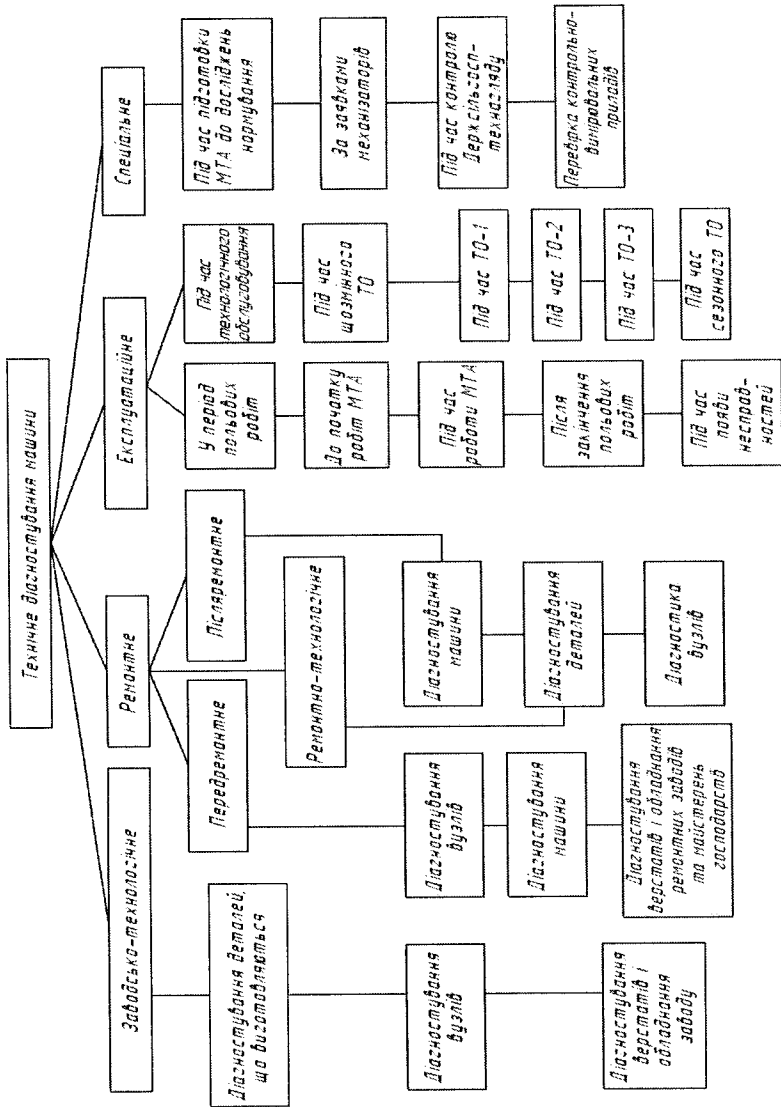


Рис. 4.9. Класифікація ТЗД залежно від періоду у життєвому циклі машини

Заводську технологічну діагностику призначено для визначення технічного стану деталей, вузлів і механізмів трактора під час його виготовлення, збирання й заводських випробувань.

Ремонтна діагностика поділяється на передремонтну, ремонтно-технологічну й післяремонтну. Завдання *передремонтної* діагностики полягає в тому, щоб визначити технічний стан трактора з метою виявлення обсягу ремонтних робіт. При *ремонтно-технологічній* діагностиці контроль за окремими деталями, вузлами й механізмами повинен проводитися під час їхнього ремонту, збирання, обкатування й випробувань. *Післяремонтну* діагностику потрібно проводити з метою визначення якості ремонту.

Експлуатаційна діагностика може здійснюватись у період польових робіт і при планових ТО. При цьому в період польових робіт діагностику проводять перед, під час і після закінчення польових робіт, а також з появою несправностей. Проведення діагностики кожного трактора до початку польових робіт дає можливість виявити його технічну готовність для виконання заданого обсягу робіт. Особлива увага при цьому повинна приділятися загальному технічному стану машинно-тракторного агрегату (МТА). Перевіряють показники МТА, що характеризують його здатність виконувати свої функції.

Діагностика МТА під час його роботи найчастіше пов'язана з необхідністю контролювати основні експлуатаційні показники, наприклад, при порушенні технологічного процесу і його якості.

Про стан машин агрегату можна судити за продуктивністю та якісними показниками технологічного процесу. Діагностику МТА після роботи проводять, якщо потрібно вирішити питання про необхідність ремонту або ТО. У більшості випадків для цього досить проаналізувати роботу МТА: наробіток, умови роботи, завантаження, експлуатаційні показники, зауваження тракториста й т.п. На підставі цього аналізу вирішують питання про подальшу роботу МТА. Під час експлуатації досить часто машини простоюють через технічні несправності. При цьому не завжди несправність проявляється відкрито й виявляється візуально. Діагностика несправностей та усунення їх – важливий резерв скорочення простоїв МТА при їхній експлуатації. При номерному ТО діагностика повинна проводитися перед ТО й після нього. Проведення діагностики до ТО дає змогу конкретизувати обсяг профілактичних робіт. Діагностика після ТО (контрольна) оцінює його якість.

Спеціальна діагностика проводиться у випадках, якщо потрібно визначити технічний стан машини, на якій передбачається проводити дослідження або нормування, за заявками механізаторів – для виявлення причин несправностей. Сюди можна віднести діагностику, що проводиться вибірково для перевірки готовності парку машин до сезонних робіт.

У класифікації діагностичних засобів ДержНДТІ (рис. 4.10) запропоновано за основу приймати сукупність монтажних ознак з урахуванням зв'язків між іншими групами їх: ставлення до об'єктів діагностики, періодичність спостереження, ознаку мобільності й т.д.

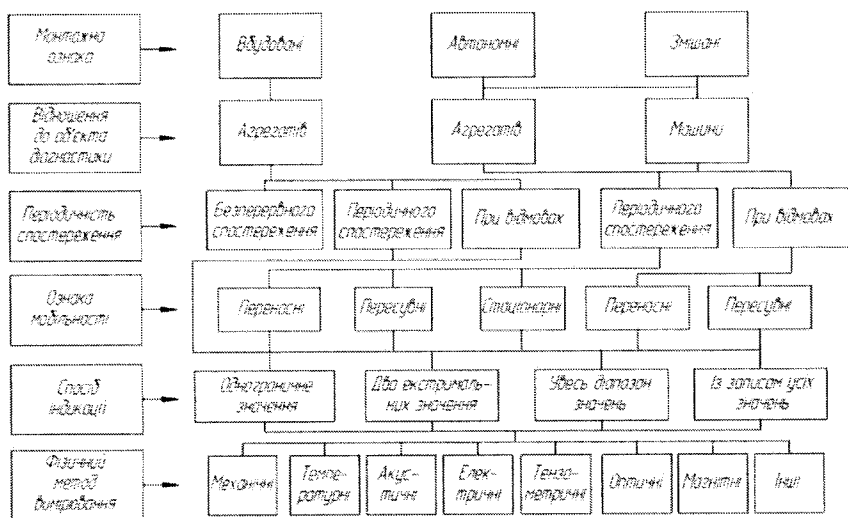


Рис. 4.10. Класифікація ТЗД за сукупністю ознак

Відповідно до цієї класифікації, *вбудовані ТЗД* дають змогу вимірювати показання параметрів технічного стану тракторів за допомогою приладів або апаратів, повністю вбудованих у їхню конструкцію. Датчики, індикатори й уся система передачі сигналів вбудованих засобів є елементами конструкції діагностування трактора: амперметр, манометр і т.д. За допомогою *автономних ТЗД* вимірюють показання параметрів технічного стану машин без застосування вбудованих засобів або вбудованих датчиків: стетоскопів, аналізаторів вихлопних газів і т.п. За допомогою *змішаних ТЗД*

вимірюють показання параметрів технічного стану машин такими автономними засобами, які можна використовувати лише разом із вбудованими в конструкцію тракторів датчиками.

Автономні й змішані засоби бувають переносні, пересувні й стаціонарні.

Розглянуті принципові схеми класифікації можуть бути основою для вибору й обґрунтування діагностованих параметрів, обсягу діагностичних і профілактичних робіт. Природно, що глибина діагностування в кожному окремому випадку буде різною. Тому для кожного виду діагностування застосовують певну систему діагностичних приладів – вбудованих, автономних або змішаних.

Останнім часом у діагностуванні техніки АПК намітилися такі шляхи розвитку:

- створення ТЗД безперервного спостереження за технічним станом – різних індикаторів, установлюваних у вузли й агрегати і призначених для постійного контролю й своєчасного виявлення потреби вузлів і механізмів у ТО й ремонті;
- створення комплектів ТЗД поелементної діагностики тракторів в експлуатації, завдяки чому можна періодично виявляти несправності й потребу в заміні вузлів і механізмів у ТО;
- створення ТЗД для комплексної діагностики тракторів, що дає можливість при виконанні складних операцій під час обслуговування виявляти несправності й визначати потребу в ТО й ремонті, перевіряти експлуатаційні показники й на основі діагнозу прогнозувати ресурс безвідмовної роботи тракторів;
- розроблення автоматизованих систем ТЗД, за допомогою яких більш ощадливо й ефективно проводять комплексне оцінювання параметрів і прогнозування технічного стану тракторів.

Вбудовані засоби діагностування

Установлені на тракторах прилади можна розглядати не тільки як засіб перевірки працездатності тракторних агрегатів, а й як ТЗД. В якості останніх усі тракторні прилади являють собою діагностичні вбудовані засоби безперервного спостереження за технічним станом тракторів, оскільки, крім спостереження за режимом роботи систем або агрегатів, вони допомагають миттєво визначити працездатність систем тракторів або знайти

несправності в системах, що відмовили. Оснащення тракторів убудованими контрольно-вимірювальними засобами здобуває все більше поширення (табл. 4.2).

На всіх тракторах прилади контролюють три параметри: *температуру води, тиск оливи в двигуні, струм зарядження акумуляторів.*

На більшості тракторів контролюються *напрацювання трактора в мотогодинах, частота обертання двигуна, тиск оливи в гідросистемі. Тиск повітря в пневмосистемі* вимірюється на всіх тракторах, на яких її встановлено. На тракторах великої потужності встановлюють також датчики *температури оливи в картері двигуна.* На більшості тракторів немає вбудованих *індикаторів засміченості повітроочищувачів.* Оснащення системи повітроподавання тракторних дизелів найпростішими індикаторами, що контролюють ступінь засміченості повітроочисника, дає змогу уникнути зайвих розбирань, вчасно проводити ТО, завдяки чому підвищується довговічність поршневої групи й знижуються експлуатаційні витрати праці. Це підтверджується багаторічною практикою ряду закордонних фірм (італійської фірми “Фіат”, американських “Джон-Дір”, “Алліс-Чалмерс”, “Кейс”, французької “Рішар-континенталь”), які встановлюють індикатори ступеня засміченості повітроочисника на всі трактори, які вони випускають.

Створення індикаторів ступеня засміченості повітроочисника й оснащення ними всіх машин, що випускаються і перебувають в експлуатації, в поєднанні зі штатними приладами експлуатаційної діагностики створить можливість принципово змінювати систему ТО й виконувати його за фактичною потребою, завдяки чому значно підвищиться надійність тракторів, скоротяться їхні простой на ТО, знизяться експлуатаційні витрати праці й засобів. Доцільність ТО за фактичною потребою очевидна. Так, тракторний очищувач повітря, відповідно до правил ТО, очищують і промивають через 60 год. Роботи (через 30 год. – при особливо курних умовах), у той час як потреба в цьому настає або трохи раніше (через 10...20 год.), коли трактор працює в дуже курних умовах, або значно пізніше (через 200 год. і більше), коли трактор працює в умовах малого запилення.

Обслуговування повітроочисника через установлені правилами час роботи без обліку його фактичного стану часто призводить або до посиленого зношування деталей поршневої групи, або до зайвих його розбирань. Оснащення системи повітроподавача двигуна найпростішими індикаторами, що показують ступінь засміченості повітроочисника, дає змогу запобіг-

Оснащеність тракторів убудованими засобами діагностування

Марка трактора	Діагностичні параметри										
	p оливи в двигуні	t води	Показання амперметра	Показання мотолічильника	n двигуна	p оливи в гідросистемі	p повітря в пневмосистемі	Витрати палива	t оливи в картері двигуна	Засміченість повітряного очисника	p повітря за компресором
T-25	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
T-40A	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
T-54C	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
MT3-52	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
MT3-80	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
DT-75	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
T-4	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
DT-75M	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
T-150ДО	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
K-701	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
K-702	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+
T-330	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
ДЭТ-250М	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-

Примітки: p – тиск; t – температура; n – частота обертання вала

ти непотрібним розбиранням, вчасно проводити його обслуговування, сприяє значному підвищенню довговічності поршневої групи двигуна й зниженню витрат праці на технічне обслуговування. На цей час розроблено багато різних індикаторів і пристроїв, завдяки чому можна постійно контролювати стан усіх основних вузлів і механізмів, які потребують часті перевірки й обслуговування.

Як показує досвід застосування індикаторів забруднення, витрати праці й час технічних відходів знизилися в 2...3 рази. Різко скоротилися простой тракторів за технічними несправностями, значно підвищилася їхня довговічність. Тому при створенні тракторів більше уваги варто приділяти "бортовій діагностиці" за допомогою вбудованих датчиків. При правильному поєднанні бортових і автономних засобів технічного діагностування можна домогтися мінімальних простоїв тракторів, скоротити витрати на ТО й ремонти, запобігти аваріям.

У тракторобудуванні намітилася також тенденція до широкого впровадження приладів, за допомогою яких можна контролювати кількість палива, сигналізувати контрольовані параметри за їхнім граничним рівнем.

Оцінюючи перспективи вбудованих засобів з досвіду авіаційного й автомобільного транспорту, можна вважати, що найпотужніші трактори повинні оснащуватися бортовою системою автоматичного контролю. Малопотужні ж трактори, як бачимо, не піддадуться таким змінам, однак підвищиться їхня пристосованість до автономних засобів. Очевидно, на малопотужних тракторах може бути встановлений будь-який сигналізатор, і тоді не потрібно буде припиняти експлуатацію й проводити пошук несправності за допомогою автономних засобів.

Автономні засоби діагностування

Автономні засоби діагностування серійно випускаються як у країнах СНД, так і за кордоном. Вони знаходять широке практичне застосування на сервісних підприємствах і в багатьох господарствах. Відомі автономні засоби для тракторів випускаються в комплекті з пересувною діагностичною установкою КИ-4270А на базі шасі автомобіля УАЗ-452. Устаткування й інструмент пересувної діагностичної установки КИ-4270А дають змогу виконувати не тільки діагностичні, а й багато регульовальних операцій, передбачених правилами ТО тракторів. З цією метою в кузові автомобіля змонтовані стелаж, верстат, стіл, контейнери з приладами, пристосуванням та інструментом, компресор та електрообладнання. Технічною документа-

цією діагностичної установки передбачено, що середня тривалість визначення стану основних вузлів одного трактора без їхнього регулювання повинна становити 2, з регулюванням – 6 год., а її річна продуктивність – 150 – 200 тракторів за рік. Установку обслуговують дві людини.

Діагностичний комплект устаткування КИ-5308А включає 43 прилади, що входять в основному в перелік приладів діагностичних установок КИ-4270А. Цей комплект призначений для діагностування в стаціонарних умовах: на сервісних підприємствах, постах діагностики, пунктах ТО тракторів, зернових комбайнів, їхніх систем і складових частин при періодичних ТО, в тому числі ТО-3, після міжремонтного напрацювання, а також для контролю якості ремонту на ремонтних підприємствах.

Комплект устаткування включає пристрій для зливання оливи, стіл, дві шафи, верстат. У шафах і ящиках верстата розміщено прилади, пристосування й інструмент. Крім того, пост оснащується установкою КИ-1935. Комплект устаткування розміщується на площі 60...70 м² на тупикових постах або на потоковій лінії. При діагностуванні трактор установлюють над оглядовою канавою, вихлопну трубу двигуна з'єднують із гнучким металевим рукавом для відводу вихлопних газів, а вал відбору потужності – через редуктор з установкою КИ-1935, що слугує для завантаження двигуна при визначенні його потужності й економічних показників. Установку можна використовувати для запуску тракторного двигуна, а також під час проведення ряду діагностичних операцій, що потребують прокручування силової передачі трактора і його двигуна вхолосту.

Як автономні ТЗД тракторів також застосовуються діагностичні комплекти КИ-5308А, КИ-13901, КИ-1573 та інші комплекти поелементного діагностування. Переносний комплект КИ-13901 оснащено 21 приладом, з них 16 аналогічні приладам установок КИ-4270А та КИ-5308А такого самого функціонального призначення. П'ять приладів мають елементи новизни, до яких належать:

- індикатор засміченості центрифуги КИ-2912;
- пристосування для перевірки зазорів у клапанах КИ-9918;
- тахометр;
- пристосування для перевірки форсунок КИ-9917;
- пристрій для визначення прогину ремня КИ-8920.

Пост первинної діагностики КИ-1573 слугує для визначення технічного стану тракторів. За допомогою комплекту визначають: розрідженість акумуляторів за щільністю й напругою; тиск у шинах; кут випередження

подачі палива; збіжність коліс; вільний хід педалі – муфти зчеплення; зазор між хрестовинами муфти й відводки; усадку штока гідроциліндра; провисання гусениць; хід штоків гальмових камер; правильність показань термометрів, установлених на тракторі; зазори при регулюванні механізму рульового керування, муфти зчеплення, механізму передачі пускового двигуна; зачеплення сектора механізму управління з рейкою штока силового циліндра гідропідсилувача; зазори в клапанному механізмі, між поршнем і циліндром; частоту обертання колінчастих валів основного й пускового двигунів, генератора стартера й ротора центрифуги; тиск початку упорсування палива форсункою й максимальний тиск, що розвивається окремими секціями паливного насоса; сторонні гуркоти в двигуні; тиск повітря в камері стискання двигуна; тиск, що розвивається помпою підкачки.

Крім комплектів приладів, використовуваних у діагностичних установках, у країнах СНД серійно випускалися автономні ТЗД спеціального призначення. Прилад ИМД-2М призначено для визначення ефективної потужності, що розвивається двигуном і кожним циліндром окремо. Дію приладу засновано на вимірюванні кутового прискорення розгону двигуна при досягненні ним кількості обертів, близької до номінального значення. За добуток вимірюваного прискорення на наведений момент інерції судять про крутний момент і потужність двигуна. Прилад ИМД-2М вигідно відрізняється від усіх інших приладів вимірювання потужності тим, що показання з високою точністю зчитуються за 1...2 с. Тривалість установлення, вимірювання і відключення приладу не перевищує 2 хв.

Електронний малогабаритний діагностичний прилад ЕМДП-3 призначено для діагностування механізмів тракторного двигуна. Приладом вимірюють загальний рівень вібрації, частоту обертання колінчастого вала, кут випередження й тривалість подачі палива, температуру води й оливи в двигуні. За допомогою приладу можна також прослуховувати шуми у вузлах і механізмах двигуна.

Незважаючи на широке застосування безгальмових методів діагностування, найповніші відомості про зміни основних параметрів двигунів можна одержати за допомогою гальмових випробувань. Пересувну діагностичну лабораторію ПЛ-2 застосовують для оцінювання технічного стану тракторів у польових умовах з гальмовою установкою потужністю 125 кВт. При цьому діагностичну лабораторію ПЛ-2, крім гальма, оснащено комплектом приладів, що входять до комплексу діагностичної установки КИ-4270А. Тому апаратура, устаткування й прилади установки дають мо-

жливість, крім проведення гальмових випробувань двигунів, виконувати випробування й регулювання паливної апаратури та електроустаткування трактора, оцінювати технічний стан циліндропоршневої групи, системи змащення, кривошипно-шатунного механізму, механізму газорозподілення, ходової системи, рульового керування, гальмової системи, гідросистеми й інших механізмів.

Силове устаткування лабораторії встановлено безпосередньо на базі шасі автомобіля КраЗ-257. Генератор електроживлення приводиться в дію від двигуна автомобіля через коробку відбору потужності, керовану з кабіни. Генератор електроживлення, навантажувальний генератор з підвищувальним редуктором і вимірювачем крутного моменту, що приводиться в дію від вала відбору потужності випробуваного трактора через карданну передачу, забезпечують синхронність зняття характеристик. Електроживлення всіх споживачів струму здійснюється як від зовнішньої мережі, так і від автономних джерел, синхронного генератора змінного струму й блоку акумуляторних батарей. Електрична гальмівна установка дає змогу знімати характеристики двигунів потужністю до 200 к.с. при 1000 хв^{-1} вала відбору потужності й до 130 к.с. при 540 хв^{-1} . Похибка знятих характеристик не перевищує $\pm 3 \%$. Стенд для випробування електроустаткування й паливної апаратури типу ЕЛ-ДИ дозволяє перевіряти паливні насоси дизелів, генератори, стартери й прилади електроустаткування. Допускається, що продуктивність лабораторії становить 300 – 350 діагностувань тракторів за рік.

Широко застосовуються закордонні автономні ТЗД. Діагностичні комплекти MST-1 і MST-2, які випускаються в Чехії, застосовують для визначення технічного стану трактора. Комплекти дають можливість визначити до 40 діагностичних параметрів вузлів і механізмів; вони мають набір ключів та інструментів; гідравлічний підйомник, лещата, комплект пристосувань. За допомогою комплекту приладів можна виконати операції з контролю й оцінювання двигуна (систем змащення й живлення, гільзопоршневої групи й інших систем), агрегатів електроустаткування й системи в цілому, рульового керування, передньої осі й ходової системи, муфти зчеплення й гальм.

У Німеччині застосовується спеціальний стандарт, що визначає порядок догляду за тракторами, основою якого є періодичний контроль технічного стану. Передбачається ремонт тракторів не згідно з напрацюванням або кількістю витраченого палива, а за фактичним технічним станом, зу-

мовленим службою контролю. Огляди проводить робоча група цієї служби, що має спеціально обладнану пересувну діагностичну станцію з повним набором слюсарних інструментів і комплектом приладів і пристосувань. У Польщі діагностування тракторів виконують за допомогою пересувної установки, перевіряючи до 35 вузлів. У стаціонарних же умовах використовують станцію діагностування. Для вимірювання потужнісно-економічних показників тракторних двигунів застосовують пересувний гальмовий стенд, приєднаний до валу відбору потужності через редуктор, оснащений гідравлічним гальмовим пристроєм.

У США з цією метою застосовують гідравлічний стенд, змонтований в одноосьовому причепі. Міністерство оборони США створило систему для діагностування дизелів. Її основу становить універсальна цифрова машина, на вході якої є близько 60 датчиків.

Змішані засоби діагностування

Датчики оцінювання технічного стану агрегатів трактора в змішаних ТЗД змонтовані безпосередньо на тракторі, а індикатори й вимірювачі перебувають поза ним і являють собою автономні прилади. До цього класу пристроїв належать гальмові діагностичні стенди КИ-8927 і КИ-4935. Діагностичний стенд КИ-8927 призначено для діагностування колісних тракторів у сервісних підприємствах. Стенд дає змогу перевіряти тягово-економічні й гальмові якості, загальний стан генераторної установки й електроустаткування, а також стан гідронавісної системи трактора. Стенд включає приводний та опорний блоки (для тракторів із постійним переднім приводним мостом), вимірювальну стійку з дистанційним пультом керування, рідинний реостат, паливовимір, систему відсмоктування й дозавантажувальний пристрій.

Стенд для діагностики тракторів КИ-4935 слугує для визначення потужнісних і економічних показників тракторів. Установка складається з таких основних вузлів: електричного динамометра, редуктора, електрошкафи, реостата, пульта керування, світлового табло, огороження, карданного вала, установки ваг, бачка для палива.

Діагностичну установку “Урожай-1Т” призначено для оцінювання технічного стану й визначення потреби у виконанні основних регулювальних операцій при ТО-3 тракторів, а також для визначення потреби вузлів і аг-

регатів тракторів у ремонті й, крім того, для контролю якості ремонту. Установка дає висновок про стан тих або інших з'єднань трактора й команди на виконання регулювальних або ремонтних робіт, а також дає прогноз залишкового ресурсу вузлів і агрегатів трактора в заданих одиницях напрацювання.

Вона забезпечує діагностування таких систем і механізмів: системи змащення двигуна, системи охолодження двигуна, системи живлення, механізму газорозподілу, гільзопоршневої групи, кривошипно-шатунного механізму, пускового пристрою, гідравлічних систем навісного пристрою, рульового керування, трансмісії й вала відбору потужності, коробки передач, ведучих мостів, карданних передач, механізмів керування, ходової частини електроустаткування.

Діагностична установка “Урожай-ІТ” складається з двох основних вузлів: вимірювальної стійки й шафи. У вимірювальній стійці розміщено пульт керування вимірюваннями, блок живлення, прогнозуючий пристрій. У шафі розміщені комплект датчиків і перехідних пристроїв, комплект кабелів, блок комутацій. На верхній панелі шафи укріплено індикатор-транспарант. Результати діагностування видаються у вигляді написів: “Норма”, “Регулювати”, “Ремонтувати”, а при прогнозуванні – у вигляді числа на цифровому індикаторі.

4.6. Параметри технічного стану тракторів

Для забезпечення підвищення якості робіт у сервісних підприємствах в уніфікованих правилах технічного обслуговування тракторів виділено технологічні операції контролю діагностичних параметрів. Типовий перелік діагностичних параметрів для тракторів виробництва країн СНД дано в ГОСТ 20760-75 “Технічна діагностика. Трактори. Параметри та якісні ознаки технічного стану”. Цей стандарт визначає параметри технічного стану, які повинні використовуватися при діагностуванні (перевірці працездатності й прогнозуванні залишкового ресурсу) тракторів та їхніх складових частин. Для закордонної техніки такі переліки наводяться в інструкціях з експлуатації або в окремих інструкціях з діагностування. При виборі діагностичних засобів тракторів та їхніх складових частин, параметри і якісні ознаки призначають, згідно з рекомендаціями табл. 4.3.

Параметри технічного стану складових частин тракторів і засобів їхнього контролювання

Найменування параметра	Періодичність, мото/год.	ТЗД	Діагностичний комплект, до якого входить ТЗД							
			КИ-13901	КИ-3967	КИ-4270А	КИ-13905	МПР-871	МПР-9924	КИ-5308А	
<i>РЕСУРСНІ ПАРАМЕТРИ</i>										
<i>Двигун</i>										
Прорив газів у картер двигуна	240	КИ-4887	-	+	+	+	+	+	+	+
Компресія в циліндрах	240	КИ-5315	-	-	+	+	+	+	+	+
Зазор у верхній і нижній головках шатунів	240	КИ-1140	-	-	+	+	+	+	+	+
Витрата газів через з'єднання „клапан-сідло”	960	КИ-4887	-	+	+	+	+	+	+	+
Тиск початку впорскування палива, стан прецизійних пар	960	КИ-9917	+	-	+	+	+	+	+	+
Тиск наддування	240	Манометр	-	-	-	-	-	-	-	-
Тиск, створюваний паливопідкачувальним насосом	240	КИ-4801	-	-	+	+	+	+	+	+
Перевірка стану манометра	960	КИ-5472	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Система пуску</i>										
Компресія в циліндрі пускового двигуна	240	КИ-5315	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Трансмісія</i>										
Сумарний зазор у механізмах силової передачі	960	КИ-4813	-	-	+	+	+	+	+	+
Сумарний зазор у механізмах приводних мостів	960	КИ-4813	-	-	+	+	+	+	+	+
Люфт шарнірних з'єднань карданних валів	960	КИ-8867	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Гідросистема трансмісії</i>										
Продуктивність насоса	960	КИ-6285, КИ-4798	-	-	-	-	-	-	-	-
Зношення вузлів гідросистем трансмісії	960	КИ-6285, КИ-4798	-	-	-	-	-	-	-	-
Перевірка стану штатного манометра	960	КИ-6285, КИ-4798	-	-	-	-	-	-	-	-

Найменування параметра	Періодичність, мото/год.	ТЗД	Діагностичний комплект, до якого входить ТЗД							
			КИ-13901	КИ-3967	КИ-4270А	КИ-13905	МІПР-871	МІПР-9924	КИ-5308А	
<i>Гідросистема вала відбору потужності (ВВП)</i>										
Продуктивність насоса	960	КИ-6258	-	-	-	-	-	-	-	-
Зношування вузлів гідросистеми ВВП	960	КИ-6258	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Гідросистема механізму навішення (МН)</i>										
Продуктивність насоса	960	КИ-5473 (КИ-1097), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+	+
Витік у розподільнику	960	КИ-5473 (КИ-1097), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+	+
Тиск настроювання автоматів золотників	960	КИ-5473 (КИ-1097), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+	+
Зношування золотникових пар розподільника	960	КИ-5473 (КИ-1097), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Гідросистема рульового керування (ГРК)</i>										
Продуктивність насоса	960	КИ-5473 (КИ-1097), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+	+
Витік у розподільнику	960	КИ-5473 (КИ-1097), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+	+
Герметичність запірних клапанів	960	КИ-5473 (КИ-1097), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>Ходова система</i>										
Зазори в опорних підшипниках ковзання	960	КИ-4850	-	-	+	+	+	+	+	+
Зношування гусеничного ланцюга	960	КИ-8913	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Електроустаткування</i>										
Стан акумуляторної батареї	240	Денсиметр - вилка ЛЭ-2	+	-	+	+	+	+	+	+
Перевірка генератора	960	КИ-1093 КИ-5188	-	+	+	+	+	+	+	+

Найменування параметра	Періодичність, мото/год.	ТЗД	Діагностичний комплект, до якого входить ТЗД							
			КИ-13901	КИ-3967	КИ-4270А	КИ-13905	МІР-871	МІР-9924	КИ-5308А	
ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ										
<i>Двигун</i>										
Тиск масла в головній магістралі	960	КИ-5472 ИМД-2М	+	-	+	+	+	+	+	+
Ефективна потужність	960	ИМД-12	+	-	+	-	+	+	+	-
Питома витрата палива, рівномірність подачі палива по циліндрах	960	КИ-4818	-	-	+	-	+	+	+	-
Перепад тиску палива до й після фільтрів тонкого очищення	240	КИ-4801	-	-	+	+	+	+	+	+
Герметичність впускного повітряного тракту	60	КИ-4870	+	-	+	+	+	+	+	+
Забруднення повітроочисника	60	ОР-9928	+	-	+	+	+	+	+	+
Перепад тиску на масляному фільтрі й тиск перед компресором	240	КИ-5472	+	-	+	+	+	+	+	+
Тепловий зазор у клапанному механізмі	240	КИ-9918	+	-	+	+	+	+	+	+
Натяг ременів вентилятора, компресора, генератора	240	КИ-8920	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Система пуску</i>										
Повний хід важеля включення муфти зчеплення	960	Лінійка КИ-6290	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Гідросистема трансмісії</i>										
Тиск настроювання запобіжного клапана	960	КИ-6285, КИ-4787	-	-	-	-	-	-	-	-
Тиск настроювання пропускного клапана	960	КИ-6285, КИ-4787	-	-	-	-	-	-	-	-
Перепад тиску на фільтрі	240	КИ-6285, КИ-4787	-	-	-	-	-	-	-	-

Найменування параметра	Періодичність, мого/год.	ТЗД	Діагностичний комплект, до якого входить ТЗД						
			КИ-13901	КИ-3967	КИ-4270А	КИ-13905	МІР-871	МІР-9924	КИ-5308А
Гідросистема ВВП Тиск налаштування клапана плавного включення	960	КИ-6285	-	-	-	-	-	-	-
Тиск налаштування пропускного клапана	960	КИ-6285	-	-	-	-	-	-	-
Гідросистема МН Тиск налаштування запобіжного клапана	960	КИ-5473 (КИ-1093), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+
Витоку в гідроциліндрі по ущільненнях	960	КИ-5473 (КИ-1093), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+
Перепад тиску на фільтрі гідросистеми	240	КИ-4798	-	-	+	+	+	+	+
ГРК Тиск налаштування запобіжного клапана	960	КИ-5473 (КИ-1093), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+
Тиск налаштування клапана витрати	960	КИ-5473 (КИ-1093), КИ-6272	-	-	+	+	+	+	+
Витоку в гідроциліндрі по ущільненнях	960	КИ-5493 (КИ-1097), КИ- 6272	-	-	+	+	+	+	+
Ходова система Перевірка збіжності передніх керованих коліс	960	КИ-6507	-	-	+	+	+	+	+
Механізм керування Вільний і повний хід важелів і педалей	960	Лінійка КИ-9919	+	+	-	-	-	-	-
Вільний хід і посилення на ободі кермового колеса	240	КИ-4021	+	-	+	+	+	+	+
Електроустаткування Перевірка реле-регулятора	960	КИ-1093 (КИ-5188)	-	+	+	+	+	+	+

Для кожного параметра, залежно від типу, марки й умов експлуатації трактора, установлені номінальне й припустиме значення, а за прогнозованими параметрами – номінальне й гранично допустиме значення із зазначенням погрішності їхнього виміру й контрольних точок.

Номінальне й гранично допустиме значення параметрів, допустима похибка їхнього вимірювання, а також режими функціонування об'єкта при діагностуванні зазначені в конструкторській, експлуатаційній та ремонтній документації на трактори або їхні складові частини. Конструкції тракторів та їхніх складових частин повинні бути пристосовані для контролю параметрів і якісних ознак технічного стану з урахуванням вимог ГОСТ 20417-75. При проведенні ТО тракторів перевіряють їхні діагностичні параметри.

При ТО-1:

- прогин ременя вентилятора;
- засміченість повітроочисника;
- напругу акумуляторних батарей під навантаженням;
- рівень електричності;
- натяг гусеничних ланцюгів.

При ТО-2 (крім діагностичних параметрів ТО-1):

- герметичність впускного повітряного тракту;
- вільний і повний хід педалей гальм і муфти зчеплення;
- частоту обертання РМЦ;
- перепад тиску в паливній системі;
- зусилля на гальмовій педалі, легкість перемикування передач;
- збіжність керованих коліс.

При ТО-3 (крім діагностичних параметрів, що входять до складу операцій ТО-1 і ТО-2) необхідно перевірити стан контрольно-вимірювальних приладів: визначити діагностичні параметри системи змащення й охолодження двигуна, кривошипно-шатунного механізму й циліндропоршневої групи, масляного насоса, механізму газорозподілення, паливного насоса й фільтра тонкого очищення палива, силової передачі, ходової системи, гідропідсилювача керма, гідронавісної системи й електрообладнання.

При відхиленні величин діагностичних параметрів від допустимих значень необхідно провести регулювання відповідно до загальних правил ТО за ГОСТ 20793-75 “Трактори сільськогосподарські. Правила технічного обслуговування”, а також відповідно до рекомендацій з експлуатаційної й ремонтної документації на трактори або їхні складові частини.

4.7. Технологія діагностування тракторів

Діагностування вузлів та агрегатів трактора складається з трьох етапів: підготовчого, основного й заключного.

До *підготовчого етапу* належать очищення й мийка трактора, його установлення в робочій зоні діагностування підприємства ТС, зовнішній огляд і занесення результатів огляду до контрольно-діагностичної карти, виконання деяких операцій ТО, монтаж датчиків і вимірювальних приладів.

Основний етап полягає у встановленні необхідних режимів роботи двигуна або трактора, вимірюванні параметрів технічного стану вузлів і агрегатів трактора, занесенні результатів вимірювання до контрольно-діагностичної карти.

До *заключного етапу* належать установлення діагнозу, за яким визначають характер і обсяг необхідних робіт з підтримки трактора в працездатному стані, а також прогнозування залишкового ресурсу вузлів і агрегатів. Крім того, заключний етап включає зняття приладів і датчиків із трактора.

Операції ТО трактора на підготовчому етапі діагностування необхідно виконувати головним чином з метою підвищення точності вимірювання параметрів стану. Ці операції полягають у промиванні вузлів і систем, закріпленні деталей, регулюванні окремих з'єднань, а також усуненні дрібних несправностей, що заважають правильній постановці діагнозу.

Необхідний режим діагностування, який характеризується температурою охолодженої води й картерної оливи, частотою обертання вала, навантаженням та іншими параметрами, установлюють для підтримання однакових (порівняних) умов діагностування й зменшення похибки вимірювання параметрів стану трактора. Дотримання заданих режимів при вимірюванні тих самих параметрів стану дає змогу порівнювати результати вимірювань, проведених у різний час, і точніше визначати динаміку зміни параметрів за певний період роботи трактора.

При визначенні характеру й обсягу робіт з підтримки трактора в працездатному стані в процесі постановки діагнозу уточнюють, якому виду сервісного обслуговування його варто піддати: плановому ТО чи ТО з усуненням несправностей, поточному або капітальному ремонту трактора чи його окремих агрегатів. При визначенні обсягу робіт у контрольно-діагностичній карті відзначають, які регульовальні й інші профілактичні операції слід виконати, які вузли або деталі необхідно замінити для усу-

нення несправностей, які вузли й агрегати потрібно замінити при поточному ремонті й т.д.

З метою найбільш оперативного планування строків ТО тракторів, зниження простоїв МТА й підвищення ефективності використання ТЗД перевірку й контроль стану вузлів і агрегатів тракторів доцільно суміщати з відповідним видом планових ТО. Регулювальні операції виконують у разі необхідності, згідно з результатами діагностування. Одночасно з виконанням попереджувальних операцій усувають несправності, виявлені під час перевірки стану вузлів та агрегатів.

Важливою умовою ефективного використання ТЗД є правильний розподіл обов'язків між виконавцями робіт. При ТО-1 і ТО-2 всі діагностичні операції проводять *майстри-наладчики*. Крім майстра-наладчика, в контролі стану й обслуговування трактора беруть участь тракторист і слюсар. Майстер-наладчик виконує найскладніші контрольно-діагностичні й регулювальні операції. Слюсар допомагає йому й усуває виявлені несправності. Тракторист виконує очищувально-мийні, кріпильні, мастильні й заправні операції та допомагає майстрові-наладчкови.

При ТО-3 і після міжремонтного напрацювання складні діагностичні й деякі регулювальні операції виконує *майстер-діагност*. Крім того, він аналізує результати діагностування, за якими встановлює види й обсяг робіт по ТО й ремонту, визначає залишковий ресурс вузлів і агрегатів, заповнює контрольно-діагностичну карту. Слюсар допомагає майстрові-діагностові в установленні приладів і усуває виявлені несправності, щоб правильно визначити технічний стан машин, та виконує необхідні регулювальні операції. Тракторист виконує в основному очищувально-мийні, кріпильні, мастильні й заправні операції та допомагає майстрові-діагностові.

Загальний технічний стан трактора перевіряють після закінчення останньої зміни перед постановкою його на ТО й після закінчення робіт з обслуговування. Перед початком виконання контрольно-діагностичних операцій тракторист подає відомості майстрові-наладчкови або майстрові-діагностові про неполадки, виявлені ним за час роботи трактора після попереднього періодичного ТО. Крім того, перед ТО-3 і після міжремонтного напрацювання майстер-діагност перевіряє напрацювання, аналізує динаміку витрати ПММ та інші експлуатаційні показники трактора. Якщо явних ознак несправностей немає, то діагностувати нові трактори під час першого ТО-3 не рекомендується, оскільки відомо, що вони в більшості випадків працюють задовільно протягом 2000 мотогодин і більше. Перевірку стану

циліндро-поршневої групи за витратою картерної оливи на випалювання виконують до постановки трактора на ТО.

При виникненні несправностей і відмов, що потребують застосування ТЗД, проводять позапланове (причинне) діагностування. Його варто починати з елементів, які часто відмовляють. Наприклад, перегрівання двигуна, яке супроводжується кипінням води в радіаторі, можливе внаслідок зрізання шпонки крильчатки насоса, надмірного забруднення стрижня радіатора, ослаблення ременя вентилятора й т.д. З перерахованих несправностей найчастіше трапляється ослаблення ременя вентилятора, а на перевірку його натягу потрібно дуже мало часу. Тому виявлення причин перегрівання двигуна потрібно починати з перевірки натягу ременя вентилятора.

За наявності несправностей і відмов спочатку встановлюють можливі причини їхнього виникнення за характерними ознаками. Потім, виходячи з передбачуваної причини виникнення несправності, підбирають відповідні ТЗД, за допомогою яких роблять висновок про характер і сутність несправності або відмови (див. табл. 4.3). Кількість несправностей і відповідних їм причин у кожному конкретному випадку може бути досить значною.

Для виявлення конкретної причини несправностей використовують характерні (табл. 4.4). Причину наступної несправності можна шукати відразу після виявлення попередньої. Однак це не завжди виправдано, оскільки може призвести до значного збільшення трудомісткості діагностування.

Наприклад, якщо під час перевірки кривошипно-шатунного механізму встановлено, що тиск оливи менший від допустимого, то можна або відразу шукати причину, або, поки працює двигун, визначити стан циліндро-поршневої групи (ЦПГ) за кількістю газів, що прориваються в картер. Другий шлях доцільніший, оскільки, по-перше, може виявитися, що у зв'язку зі зношуванням ЦПГ двигун потребує ремонту, і тоді необхідність перевірки підшипників колінчастого вала відпадає, і, по-друге, для оцінювання стану ЦПГ не потрібно додаткового прогрівання двигуна, необхідного, якщо цю перевірку виконувати після уточнення величини зазорів у підшипниках колінчастого вала.

До *групи I* віднесено параметри, при зміні яких за граничні значення об'єкт втрачає працездатність через вичерпання ресурсу або внаслідок виникнення критичного дефекту. Працездатність може бути відновлена тільки шляхом ремонту або заміни тієї частини, що відмовила.

До *групи II* віднесено параметри, при зміні яких поза допустимі значення, працездатність може бути відновлена під час ТО.

Характерні ознаки несправностей тракторів

№ ознаки	Об'єкт діагностування	Параметри та якісні ознаки технічного стану	
		Прямі (структурні)	Непрямі (залежні від структурних)
1	Трактор (в цілому)	<p>I – параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 2 і 22 (група I).</p> <p>II – параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 2 і 22 (група II)</p>	<p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 2 і 22 (група I).</p> <p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 2 і 22 (група II)</p>
2	Двигун (в цілому)	<p>I – параметри та якісні ознаки групи I, наведені в пунктах 3 (перший і другий) і 4 (перший).</p> <p>II – ефективна потужність (максимальна потужність, що розвивається двигуном при номінальній частоті обертання колінчастого вала). Питома витрата палива. Частота обертання КВ</p>	<p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 3 і 4 (група I).</p> <p>Крутний момент при номінальній частоті обертання колінчастого вала (КВ) Кутове прискорення КВ. Зміна частоти обертання КВ при відключенні частини циліндрів. Масова витрата палива. Димність вихлопних газів</p>
3	ЦПГ	<p>I – зазор між поршнем і гільзою у верхньому поясі. I – зазор у з'єднанні "поршень – кільце" по висоті канавки поршня. I – зазор у стику поршневих кілець</p>	<p>Кількість газів, що прориваються в картер. Витрата оливи на випалювання. Крутний момент для прокручування двигуна при відключеній подачі палива (момент компресування). Параметри вібрації й шуму. Концентрація продуктів зношування тертьових деталей в оливі</p>
4	Кривошипно-шатунна група	<p>I – зазор у підшипниках колінчастого вала. I – зазор між поршневим пальцем і втулкою верхньої головки шатуну</p>	<p>Тиск масла в головній магістралі. Концентрація продуктів зношування тертьових деталей у маслі. Величина вільного ходу по вертикалі щодо шатунних підшипників. Параметри вібрації й шуму</p>
5	Механізм газорозподілу	<p>I – зазор у з'єднанні "клапан – сідло". II – фази газорозподілу. Тепловий зазор у клапанно-механізмі</p>	<p>Витрата газів через з'єднання "клапан – сідло". Заглиблення клапана в сідлі. Параметри вібрації й шуму</p>
6	Система живлення (в цілому)	<p>I – параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 7 (група I).</p> <p>II – параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 7, 11 (група II)</p>	<p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 7 (група I).</p> <p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 7, 11 (група II)</p>

№ ознаки	Об'єкт діагностування	Параметри та якісні ознаки технічного стану	
		Прямі (структурні)	Непрямі (залежні від структурних)
7	Паливний насос	<p>I – зазор у з'єднанні “гільза – плунжер” насоса</p> <p>II – фази паливоподачі.</p> <p>Рівномірність подачі палива</p>	<p>Тиск, розвинутий секціями насоса</p> <p>Характеристика зміни тиску в паливопроводі залежно від кута повороту КВ.</p> <p>Кут випередження подачі палива.</p> <p>Кут випередження упорскування палива. Параметри вібрації й шуму.</p> <p>Циклова подача палива секціями насоса. Димність вихлопних газів. Зміна частоти обертання КВ при послідовному відключенні частини циліндрів</p>
8	Паливопідкачувальний насос	<p>I – зазор у з'єднанні “гільза – поршень” паливопідкачувального насоса.</p> <p>II – продуктивність насоса</p>	<p>Тиск, створований насосом.</p> <p>Тиск перед фільтром тонкого очищення палива</p>
9	Форсунки	<p>I – зазор у з'єднанні “голка – корпус розпилювача”.</p> <p>II – тиск упорскування палива та якість його розпилювання</p>	<p>Параметри вібрації й шуму.</p> <p>Параметри вібрації й шуму.</p> <p>Тиск початку упорскування палива.</p> <p>Димність вихлопних газів</p>
10	Повітроочишувач і впускний тракт	<p>I – засміченість повітроочисника.</p> <p>II – герметичність впускного повітряного тракту</p>	<p>Розрядження в усмоктувальному колекторі за повітроочишувачем.</p> <p>Підсмоктування повітря в стіках впускного повітряного тракту</p>
11	Паливні фільтри	<p>I – гідравлічний опір фільтрувальних елементів.</p> <p>II – засміченість паливних фільтрів</p>	<p>Перепад тиску палива до й після фільтра.</p> <p>Перепад тиску палива до й після фільтра</p>
12	Система змащення	<p>I – параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 13 (група I).</p> <p>II – параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 13, 15 (група II)</p>	<p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 13 (група I).</p> <p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 13, 15 (група II)</p>
13	Масляний насос	<p>I – зазор між поверхнями шестірень, валиків, втулок і корпусу насоса.</p> <p>II – продуктивність масляного насоса при роботі на номінальному, швидкісному й навантажувальному режимах</p>	<p>Тиск масла в головній магістралі.</p> <p>Продуктивність масляного насоса.</p> <p>Тиск масла в головній магістралі</p>

№ ознаки	Об'єкт діагностування	Параметри та якісні ознаки технічного стану	
		Прямі (структурні)	Непрямі (залежні від структурних)
14	Клапани	I – герметичність клапанів. II – тиск спрацювання	Тиск оливи в головній магістралі. Тиск оливи в головній магістралі
15	Відцентровий маслоочисник	I – зазор між віссю й ротором. II – коефіцієнт очищення оливи. Частота обертання ротора	Величина радіального переміщення ротора. Чистота зовнішньої поверхні ротора. Ступінь заповнення ротора осадом. Тривалість обертання ротора після зупинки двигуна
16	Система охолодження	I – герметичність системи. II – охолоджувальна здатність системи в цілому. Охолоджувальна здатність радіатора	Протікання охолоджувальної рідини. Інтенсивність нагрівання охолоджувальної рідини під час роботи двигуна під навантаженням. Робоча температура охолоджувальної рідини. Перепад температури охолоджувальної рідини на вході в радіатор і на виході з нього
17	Пусковий двигун (ПД)	I – зношування з'єднань ЦПГ і підшипників КВ II – ефективна потужність (максимальна потужність, що розвивається двигуном при номінальній частоті обертання КВ)	Тривалість пуску ПД Момент компресування. Параметри вібрації й шуму. Тривалість пуску ПД. Частота обертання КВ основного двигуна під час пуску. Прискорення розгону КВ
18	Муфта зчеплення ПД	I – зношування фрикційних накладок. II – повнота включення й відключення муфти	Повний хід важеля включення муфти зчеплення. Температура корпусу муфти. Наявність специфічного заходу
19	Редуктор ПД	I – зношування шестірень і механізму керування	Параметри вібрації й шуму
20	Автомат відключення ПД	I – зношування зубів і шліців провідної шестірни. Зношування деталей обгінної муфти. II – частота обертання КВ основного двигуна, при якій відключається ПД	Параметри вібрації й шуму. Параметри вібрації й шуму
21	Муфта зчеплення	I – товщина фрикційних накладок. II – момент тертя. Повнота включення й відключення муфти	Швидкість проковзування веденого вала. Швидкість проковзування веденого диска під навантаженням. Вільний хід педалі приводу муфти зчеплення. Робоча температура картера муфти зчеплення. Легкість перемикання передач.

№ ознаки	Об'єкт діагностування	Параметри та якісні ознаки технічного стану	
		Прямі (структурні)	Непрямі (залежні від структурних)
22	Трансмсія	<p>I – профіль, ширина зубців шестірень, зношування підшипників, шліцьових і шпонкових з'єднань.</p> <p>Зміна геометрії робочих поверхонь деталей корпусу.</p> <p>II – повнота включення й вимикання, відсутність самовільного вимикання передач.</p> <p>Крутний момент на ведучих колесах</p>	<p>Сумарний зазор у механізмах трансмісії. Концентрація продуктів зношування й абразиву в оливі.</p> <p>Параметри вібрації й шуму. Робоча температура корпусних деталей.</p> <p>Герметичність ущільнень.</p> <p>Величина переміщення важеля перемикання передач. Параметри вібрації й шуму. Величина переміщення важеля. Тягове зусилля.</p> <p>Потужність механічних втрат</p>
23	Ходова система гусеничних тракторів	<p>I – параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 24 (група I).</p> <p>II – параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 24 (група II)</p>	<p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 24 (група I).</p> <p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 24 (група II)</p>
24	Гусеничний рушій	<p>I – зношування зірочки ведучого колеса.</p> <p>Зношування шарнірів гусеничних ланок.</p> <p>Зазори в підшипниках опорних і підтримувальних роликів.</p> <p>II – натяг гусеничного ланцюга</p>	<p>Розміри зубів зірочки.</p> <p>Довжина ділянки гусеничного ланцюга. Вільний поздовжній і поперечний хід роликів.</p> <p>Концентрація продуктів зношування третьових деталей в оливі.</p> <p>Прогинання гусеничного ланцюга</p>
25	Підвіска	<p>I – зношування котків.</p> <p>Зазори в підшипниках каретки підвіски.</p> <p>Герметичність ущільнень</p>	<p>Товщина ободу. Вільний поздовжній і поперечний хід каретки підвіски. Витрата й протікання оливи під певним тиском. Концентрація продуктів зношування третьових деталей в оливі</p>
26	Ведучі й напрямні колеса колісних тракторів	<p>I – висота протектора шини.</p> <p>II – питомий тиск трактора на ґрунт</p>	<p>Тиск повітря в шинах</p>
27	Передня вісь колісних тракторів	<p>I – зношування шворнів, поворотних кулачків і підшипників передньої осі.</p> <p>II – кути установки напрямних коліс</p>	<p>Вільний хід напрямних коліс.</p> <p>Кути розвалу й сходження коліс.</p> <p>Бічне зусилля, створюване колесом</p>
28	Підвіска колісних тракторів	<p>I – зазори в шарнірах підвіски.</p> <p>Твердість пружних елементів підвіски.</p> <p>II – повний робочий хід пружного елемента підвіски</p>	<p>Вільний хід передньої осі відносно корпусу трактора.</p> <p>Прогин пружних елементів під навантаженням</p>

№ ознаки	Об'єкт діагностування	Параметри та якісні ознаки технічного стану	
		Прямі (структурні)	Непрямі (залежні від структурних)
29	Кабіна	<p>I – деформація, тріщини й корозія. Руїнування кріплень. Порушення лакофарбового покриття</p> <p>II – герметичність кабіни (пилевологонепроникність). Шумова ізоляція й віброзахисність кабіни й робочого місця. Оглядовість</p>	<p>Запиленість повітря в кабіні.</p> <p>Рівень шуму й вібрацій у кабіні під час роботи</p>
30	Насос гідросистеми	<p>I – параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 13 (група I).</p> <p>II – параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 13 (група II)</p>	<p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 13 (група I).</p> <p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 13 (група II)</p>
31	Розподільник гідросистеми	<p>I – зазори в з'єднаннях "корпус – золотник".</p> <p>II – повнота й зусилля включення й відключення золотників</p>	<p>Параметри гідроімпульсної характеристики.</p> <p>Гідравлічна щільність з'єднання.</p> <p>Тривалість підйому, опускання й утримання вантажу.</p> <p>Величина усадки штока гідроциліндра з вантажем при відключеній зливній магістралі силового циліндра</p>
32	Пропускний і захисний клапан гідросистеми	<p>I – параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 14 (група I).</p> <p>II – параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 14 (група II)</p>	<p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 14 (група I).</p> <p>Параметри та якісні ознаки, наведені в пункті 14 (група II)</p>
33	Силові циліндри гідросистеми	<p>I – герметичність ущільнень. Витрата оливи через ущільнення.</p> <p>II – тягове зусилля на штоку</p>	<p>Протікання масла.</p> <p>Усадка штока силового циліндра під навантаженням.</p> <p>Утримання задньої осі трактора в піднятому положенні</p>
34	Вал відбору потужності (ВВП)	<p>I – зазори в підшипниках. Зношування шестірень і посадкових поверхонь корпусу редуктора.</p> <p>Товщина дисків муфти зчеплення або накладок гальмових стрічок.</p> <p>II – переданий крутний момент. Повнота включення ВВП</p>	<p>Параметри вібрації й шуму.</p> <p>Концентрація продуктів зношування третьових деталей в оливі.</p> <p>Тривалість обертання ВВП після його вимикання</p>

№ ознаки	Об'єкт діагностування	Параметри та якісні ознаки технічного стану	
		Прямі (структурні)	Непрямі (залежні від структурних)
35	Електрообладнання	I – параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 36, 37, 38 (група I). II – параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 36, 39 – 45 (група II)	Параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 36, 37, 38 (група I). Параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 36, 39 – 45 (група II)
36	Генератор	I – зношування колектора. Зношування підшипників. Потужність генератора. II – зношування щіток	Биття колектора й іскріння під щітками. Параметри вібрації й шуму. Струм при номінальному навантаженні. Мінімальна частота обертання якоря, споживаний струм у режимі двигуна. Висота щіток
37	Випрямляч генератора	–	II – зворотний струм випрямного блоку. Спадання напруги в прямому напрямку
38	Стартер	I – зношування колектора. Зношування підшипників. Вихідна потужність стартера	Биття колектора й іскріння під щітками. Параметри вібрації й шуму. Струм і напруга на клемах у режимі повного гальмування якоря
39	Акумуляторна батарея	II – розрядженість акумуляторної батареї	Густина електроліту акумуляторів батареї. Напруга акумуляторів батареї під навантаженням. Сила світла фар. Сила звучання сигналу
40	Реле-регулятор	II – напруга, регульована реле-регулятором. Напруга включення й сила струму відключення реле зворотного струму. Струм, обмежений реле-обмежувачем струму. Прилягання поверхонь контактів	–
41	Транзистори реле-регулятора	–	I – коефіцієнт підсилення. Зворотний струм колектора
42	Діоди реле-регулятора	–	I – прямий і зворотний опір
43	Прилади	–	I – похибка. Опір датчиків у контрольних точках. Споживаний струм

№ ознаки	Об'єкт діагностування	Параметри та якісні ознаки технічного стану	
		Прямі (структурні)	Непрямі (залежні від структурних)
44	Електродвигуни	I – зношування щітково-колекторного вузла. Зношування підшипників. Потужність електродвигуна	Частота обертання ротора
45	Фари	II – установка фар. Відбивна здатність рефлектора	Положення світлової плями на екрані. Сила світла фар
46	Елементи керування	I – зазори в з'єднаннях поздовжніх і поперечних тяг. Зношування деталей гідроприводу. II – параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 13, 14 (група II). Вільний хід елементів керування. Зусилля на елементах керування	Вільний і повний хід кермового колеса (важелів і педалей керування). Параметри та якісні ознаки, наведені в пунктах 13, 14 (група I). Параметри і якісні ознаки, наведені в пунктах 13, 14 (група II)
47	Гальма	I – товщина гальмових накладок. II – ефективність гальмування	Величина повного ходу гальмової педалі (важеля). Величина вільного і повного ходу гальмової педалі (важеля). Зусилля на гальмовій педалі (важелі). Гальмовий шлях. Одночасність спрацьовування гальм

Загальний порядок діагностування тракторів подано в табл. 4.5, де представлено маршрутну технологію й перелік додаткових операцій, виконуваних за потребою. У маршрутній технології наведено: порядковий номер обов'язкової операції та її найменування; номер або найменування операції, виконуваної за потребою у випадку виявлення несправності; номер обов'язкової операції, після якої проводять пошук несправності; додаткову інформацію про технічний стан трактора, яку одержують у процесі діагностування. Розглянемо порядок діагностування тракторів з різними вихідними технічними станами.

Діагностування справного трактора. Виконують тільки обов'язкові діагностичні операції, перераховані в графі 2, оскільки при перевірці агрегатів, механізмів і систем трактора несправності не виявляються й немає необхідності в проведенні додаткових операцій.

Рекомендована послідовність діагностування трактора

№ обов'язкової операції	Найменування й послідовність діагностичних операцій	Найменування або номер операції, що виконується за потребою	№ обов'язкової операції, після якої виконується операція за потребою	Примітка
<i>Обов'язкові операції</i>				
0	Перевірка загального стану трактора			
1	Ознайомитися з інформацією про роботу агрегатів трактора			Здійснюється під час опитування тракториста
2	Перевірити загальний стан основних агрегатів трактора. Визначити залишковий ресурс двигуна	Усунути несправності, що перешкоджають діагностуванню	1	Визначається під час не працюючого двигуна
3	Визначити стан підшипників КВ, у т.ч.:			
3а	- підключити контрольний манометр до головної масляної магістралі;			Звернути увагу на стан кріплення трубки штатного манометра
3б	- запустити основний двигун;	24, 25 – при несправному ПД; 26, 27 – при несправному стартерному пуску	2	Під час пуску двигуна оцінити його загальний стан, стан ПД, стартера, акумуляторної батареї
3в	- оцінити стан кривошипно-шатунного механізму за тиском у головній масляній магістралі	28, 29, 30	5	Перевірити стан штатного манометра
3г	- визначити стан кривошипно-шатунного механізму за гуркотом і шумом у зоні підшипників КВ	30	5	
4	Визначити залишковий ресурс ЦПГ, у т.ч.:			
4а	- визначити загальний стан ЦПГ групи за гуркотом і шумом у зонах поршнів, кілець і верхніх головок шатунів;	30, 31		
4б	- визначити загальний стан ЦПГ за кількістю газів, що прориваються в картер двигуна	31		

№ обов'язкової операції	Найменування й послідовність діагностичних операцій	Найменування або номер операції, що виконується за потребою	№ обов'язкової операції, після якої виконується операція за потребою	Примітка
5	Розрахувати залишковий ресурс ЦПГ	При ресурсі, меншому від допустимого, продовжити діагностування з операції 14		
6	Визначити стан основних систем і механізмів двигуна	14		
7 7а 7б	Перевірити загальний стан системи охолодження, в т.ч.: - ознайомитися з інформацією про роботу системи охолодження; - перевірити штатний термометр	32 – 34 Замінити термометр	22	
8 8а 8б	Перевірити загальний стан електрообладнання, в т.ч.: - фари, прилади освітлення, сигналізацію, проводку й контрольно-вимірювальні прилади; - генератор зарядки, реле-регулятор, акумуляторні батареї	26, 36, 37 26, 33, 36, 37 – 41	22	
9 9а 9б 9в 9г 9д 9е	Перевірити систему живлення основного двигуна, в т.ч.: - визначити зношування прецизійних пар паливного насоса й щільність нагнітальних клапанів; - визначити момент початку подачі палива; - установити вимикачі циліндрів у ТЗД (КИ-4801); - визначити стан регулювання повнорежимного регулятора; - перевірити стан підкачувального насоса; - перевірити стан фільтрувальних елементів фільтра тонкого очищення палива;	Замінити паливний насос 58 59 Замінити підкачувальний насос Замінити фільтрувальні елементи	9а 9б 9г 9д	Після заміни насоса триває діагностування з операції 10

№ обов'язкової операції	Найменування й послідовність діагностичних операцій	Найменування або номер операції, що виконується за потребою	№ обов'язкової операції, після якої виконується операція за потребою	Примітка
9ж	- визначити продуктивність насосних елементів і нерівномірність подачі палива	Замінити паливний насос	9ж	Після заміни насоса триває діагностування з операції 10
10 10а	Визначити стан механізму газорозподілу, в т.ч.: - визначити нещільність клапанів	Замінити головку блока циліндрів	22	
11 11а	Перевірити стан ПД, у т.ч.: визначити стан кривошипно-шатунного механізму й ПД за гуркотом і шумом під час роботи;			
11б	визначити загальний стан кривошипно-шатунного механізму й ЦПГ	Усунути несправність ПД	22	Перевірити стан механізму газорозподілу
12	Визначити потужність та економічність двигуна	42 – 47	12	
13	Перевірити стан ВВП і приводного шків	Відновити герметичність	22	
14	Перевірити стан механізмів блокування й керування коробкою передач	48, 49	14	
15	Перевірити стан збільшувача крутного моменту	Відрегулювати	22	
16	Перевірити стан ВВП і приводного шків	Відрегулювати	22	
17	Перевірити стан механізмів блокування й керування коробкою передач	Відрегулювати	22	
18 18а	Перевірити стан ходової системи, в т.ч.: - зношування гусеничних полотен і ведучих коліс (для гусеничних тракторів); стан шин і тиск повітря в них (для колісних тракторів);	Відрегулювати	22	

№ обов'язкової операції	Найменування й послідовність діагностичних операцій	Найменування або номер операції, що виконується за потребою	№ обов'язкової операції, після якої виконується операція за потребою	Примітка
18б	- перевірити стан напрямних коліс, опорних ковзанок, підтримувальних роликів і натяжних пристроїв. Визначити зазори в підшипниках ходової системи;	Відрегулювати	22	Для гусеничних тракторів
18в	- визначити осьовий зазор у підшипниках передніх коліс і шворнів;	Відрегулювати	22	Для колісних тракторів
18г	- визначити найбільший кут повороту й збіжність передніх коліс	Відрегулювати	22	Для колісних тракторів
19	Перевірити стан арматури гідросистеми	Відрегулювати	22	
20	Перевірити вільний хід і зусилля на кермовому колесі, важелях управління поворотами й гальмами	Відрегулювати	22	
21	Перевірити загальний стан агрегатів гідросистеми	50 – 56	22	
22	Перевірити загальний стан механізмів трактора в роботі, в т.ч.:			
22а	- гідропідсилувача керма;	57	22	
22б	- головної муфти зчеплення;	Відрегулювати	22	
22в	- механізмів керування й блокування коробки передач;	Відрегулювати	22	
22г	- механізмів керування гальмами й гальм	Відрегулювати	22	
23	Заповнити контрольну діагностичну карту			
<i>Додаткові операції (виконуються за потребою)</i>				
24	Перевірити стан системи запалювання пускового двигуна			
25	Перевірити стан системи живлення пускового двигуна			
26	Перевірити стан акумуляторних батарей			
27	Перевірити стан стартера			
28	Визначити продуктивність масляного насоса системи змащення			
29	Визначити тиск відкриття клапанів системи змащення			
30	Виміряти зазори в з'єднаннях кривошипно-шатунного механізму			
31	Визначити компресію в циліндрах основного двигуна			
32	Перевірити стан термостата			
33	Перевірити натяг ременів вентилятора, генератора, компресора			

№ обов'язкової операції	Найменування й послідовність діагностичних операцій	Найменування або номер операції, що виконується за потребою	№ обов'язкової операції, після якої виконується операція за потребою	Примітка
34	Перевірити герметичність і загальний стан системи охолодження			
35	Перевірити стан арматур електроустаткування			
36	Перевірити стан генератора змінного струму			
37	Перевірити стан генератора постійного струму			
38	Перевірити стан внутрішнього реле-регулятора			
39	Перевірити стан контактної-транзисторної реле-регулятора			
40	Перевірити стан інших вузлів електроустаткування			
41	Перевірити стан підкачувального насоса, фільтрувальних елементів фільтра тонкого очищення палива, пропускного клапана			
42	Перевірити тиск упорскування і якість розпилювання палива форсункою			
43	Визначити ступінь забруднення повітроочисника			
44	Визначити зношування кулачків розподільного вала по висоті			
45	Визначити зношування з'єднань «клапан – клапанне гніздо» механізму газорозподілу			
46	Перевірити герметичність камер згоряння			
47	Перевірити фази газорозподілу			
48	Визначити зношування зубців шестірень силової передачі			
49	Виміряти зазори в підшипниках силової передачі			
50	Визначити величину транспортної усадки поршня силового циліндра			
51	Визначити продуктивність насоса гідросистеми			
52	Перевірити герметичність клапана обмеження ходу поршня силового циліндра			
53	Перевірити стан пропускного й запобіжного клапанів гідросистеми			
54	Виміряти тиск спрацювання автоматів золотників розподільника			
55	Виміряти тиск спрацювання запобіжного клапана розподільника			
56	Перевірити стан гідрозбільшувача зчпної тяги (ГЗТ)			
57	Перевірити стан гідропідсилювача рульового керування			
58	Установити кут випередження подачі палива			
59	Установити номінальні обороти й обороти холостого ходу регулюванням повнорежимного регулятора паливного насоса			

Діагностування трактора, один з агрегатів якого підлягає ремонту за переліком обов'язкових операцій. За несправний агрегат приймаємо слову передачу. Виконують обов'язкові діагностичні операції до моменту виявлення потреби в ремонті – операції 1 – 6. Потім у переліку операцій, виконуваних за потребою, перерахованих у графі 3, знаходимо номер опе-

рації (операція 14), а в графі 4 визначаємо номер обов'язкової операції, після якої виконується ця операція за потребою (операція 6). Після цього приступають безпосередньо до виконання операції 14 – оцінювання технічного стану агрегатів силової передачі.

Діагностування трактора з несправністю, що усувається з урахуванням переліку операцій, виконуваних за потребою. За несправний агрегат приймаємо ПД. Проводяться обов'язкові діагностичні операції до моменту пуску двигуна (операції 1 – 3) і встановлюють, що його пуск неможливий. У графі 3 знаходять номери операцій, проведених у цьому випадку (24, 25), і місце їхнього проведення (за операцією 3 – 3б), тобто безпосередньо після виявлення несправності. Після цього приступають до виконання додаткових операцій (перевіряють системи живлення й запалювання пускового двигуна, усувають несправність), пускають основний двигун і продовжують діагностування трактора в порядку, що відповідає послідовності обов'язкових операцій.

4.8. Діагностування двигунів за якістю моторної оливи

У процесі експлуатації трактора картерна олива агрегатів змінює свої первісні властивості. В оливі накопичуються нерозчинні продукти старіння (окис кислоти, асфальтени, карбони й карбоїди), тверді речовини, що потрапляють у неї з навколишнього середовища, та продукти зношування деталей або повного згоряння. Інтенсивному забрудненню оливи й утворенню осадів багато в чому сприяють кліматичні умови (запиленість і температура повітря).

Кількість заліза, алюмінію, кремнію, хрому, міді, свинцю, олова й інших елементів у пробі оливи дають підставу судити про швидкість зношування деталей. Відомо, що після деякого напрацювання рівень концентрації елементів зношування дещо стабілізується й в умовах певного виду робіт починає коливатися навколо досягнутого рівня. У цей період вміст елементів зношування в оливі найповніше відбиває швидкість зношування деталей.

Для різних агрегатів трактора застосовують різні діагностичні параметри. Для двигунів – це концентрація заліза на стабілізованому рівні, для коробок передач і задніх мостів – швидкість зміни концентрації. При цьому навантаження необхідно наближати до еталонного експлуатаційним навантаженням й оцінювати його за годинною витратою палива.

Для техніки АПК найважливішим агрегатом є двигун, від технічного стану якого залежать показники її надійності й техніко-економічної ефективності, а також екологічної безпеки. Тому розроблення й застосування технічних засобів і методів щодо здійснення контролю за роботою й технічним станом двигуна в процесі його експлуатації без розбирання являє безпосередній практичний інтерес із забезпечення надійної й довговічної його роботи, а також запобігає випадкам передчасних його розбирань і ремонтів. Для оцінювання технічного стану двигунів без розбирання останнім часом застосовують ряд методів і приладів, таких як величина вигорання моторної оливи; прорив газів у картер двигуна; тиск наприкінці такту стискання; осцилографування двигуна; застосування акустичного методу; використання мічених ізотопів та ін.

За деякими з цих методів можна лише наближено судити про технічний стан двигуна, а інші досить складні для застосування в експлуатаційних умовах. Разом з тим оцінювати технічний стан двигуна і його залишкового моторесурсу можна за кількістю заліза, що знімається з третювих деталей за певний час його роботи. Цей метод ґрунтується на тому, що інтенсивність накопичення продуктів зношування в моторній оливі й відкладання в центрифугі прямо залежить від технічного стану двигуна. Зі зростанням зазорів у третювих парах збільшується темп їхнього зношування, а отже, підвищується концентрація продуктів зношування в моторній оливі. Визначивши попередньо вміст заліза в моторній оливі й відкладеннях із центрифуги за певний час роботи двигуна на встановленому навантажувальному режимі й відповідно заміривши зношування гільз циліндрів у поясі найбільших зношувальних величин зазору в стикі перших компресійних кілець та інших деталей, установлюють взаємозв'язок між цими параметрами.

Для визначення зв'язку між технічним станом двигунів і вмістом продуктів зношування в моторній оливі нових двигунів робиться відповідне обкатування, щоб вони були технічно підготовлені до нормальної експлуатації. Потім періодично проводять діагностичний і зношувальний цикли. Під діагностичним циклом розуміють час роботи двигуна протягом 60 год. при навантаженні двигуна 80 % номінальної потужності, в якому визначають зміну якості оливи й вміст у ній продуктів зношування. Тривалість циклу обирається з урахуванням періодичності ТО й достатнього накопичення в оливі продуктів зношування, щоб при визначенні їхня похибка не почалася на вірогідності одержуваних результатів. Зношувальні цикли

тривалістю по 18 год. проводяться з метою швидшого доведення двигуна до відповідного погіршення технічного стану за зношуванням основних його деталей, що рівноцінне 800 – 1000 мотогодин роботи двигуна в нормальних умовах. Перед проведенням кожного діагностичного циклу після зношувальних двигуни ретельно промивають і розбирають для технічної експертизи, щоб визначити зношування основних деталей мікрометруванням, а потім знову обкатують протягом 10 год., замінивши моторну оливу.

Діагностичні та зношувальні цикли проводять до поступового доведення двигунів за зношуванням основних деталей до такого технічного стану, який потребує капітального ремонту. Наприкінці кожного діагностичного циклу відбирають середні проби моторної оливи й відкладень із центрифуги, в яких визначають концентрацію продуктів зношування (Fe) і підраховують сумарну їхню кількість, зняту з деталей двигуна. Це забезпечує одержання даних для встановлення залежності кількості заліза, що знімається, і відповідно зношування основних деталей двигуна. Крім визначення в пробах оливи продуктів зношування, її досліджують на зміну в'язкості, лужності й нерозчинного залишку.

За результатами досліджень для двигуна з різним технічним станом складають еталонну таблицю, в якій зазначають чисельне значення кількості заліза, що знімається з деталей двигуна для конкретного встановлення їхнього зношування. Крім цієї таблиці, за даними кількості заліза, що знімається, й відповідного йому зношування деталей будують номограму, за якою графічно, виходячи з величини знятого заліза з третьових деталей, визначають технічний стан двигуна та його остаточний моторесурс. Відповідно до кількості напрацьованих мотогодин за зношуванням гільз циліндрів у поясі найбільших зносів отримують залежність, яка являє собою графічний взаємозв'язок цих двох параметрів.

Щоб оцінити технічний стан двигуна та його залишковий моторесурс в експлуатаційних умовах роботи трактора за вмістом продуктів зношування в моторній оливі, необхідно виконати такі операції:

- під час чергового ТО-2 трактора, що виконується в суворій відповідності з інструкцією по експлуатації, замінити моторну оливу в двигуні на свіжу;
- трактору проробити в нормальних експлуатаційних умовах 60 мотогодин або витратити відповідну їм кількість палива;
- після цього відібрати середню пробу оливи й відкладень із центрифуги і визначити кількість утриманих відкладень у роторі, щоб визначити сумарну кількість знятого заліза за 60 мотогодин роботи трактора;

- визначити кількість кремнію в оливі;
- за сумарною кількістю знятого заліза визначити технічний стан двигуна (за зношуванням гільз циліндрів у поясі найбільших зношувань) і його залишковий моторесурс.

Таке визначення виявляється дійсним, якщо в моторній оливі кількість кремнію не перевищує 0,006 %. Підвищений вміст кремнію в моторній оливі вказує на погану роботу повітроочисника, по якому в двигун потрапляє зайва кількість абразиву, що спричинює додаткове підвищене зношування деталей. У зв'язку з цим загальна кількість знятого заліза з деталей не може об'єктивно відбивати дійсного технічного стану двигуна, оскільки вона пов'язана з випадковим фактором. На погану роботу двигуна може вказувати також різке зниження лужності оливи, спричинене застосуванням палива із завищеним змістом сірки, зниження в'язкості оливи, викликане несправністю форсунок та ін. У цьому випадку отримані дані не відбиватимуть дійсного технічного стану двигуна, що відповідає нормальній експлуатації трактора, і діагностичний цикл необхідно провести заново. Перед повторним циклом потрібно попередньо виявити й усунути несправність у двигуні.

Користуючись розглянутою методикою, будують аналогічні залежності за різними марками двигунів і використовують їх для діагностичних цілей. При розробці залежностей і використанні їх для діагностичних цілей необхідно враховувати й застосовувати тільки рекомендований для певної марки двигунів сорт моторної оливи, а також дизельного палива з допустимим вмістом сірки. Визначити продукти зношування й кремнію в моторній оливі та відкладеннях із центрифуг доцільно методом спектрального аналізу проб.

У табл. 4.6 наведено діагностичні параметри за вмістом продуктів зношування й зміною якості моторної оливи після 60 мотогодин роботи для різних варіантів технічного стану двигуна Д-50 за зношуванням гільз у поясі найбільших зношувань, а в табл. 4.7 – аналогічні дані, що стосуються двигуна СМД-14А.

Оскільки зміна експлуатаційних і фізико-хімічних показників моторної оливи в тракторних двигунах взаємозалежні з їхнім технічним станом, то ці значення доцільно використовувати для контролювання умов експлуатації двигунів, а також для оцінювання стану й придатності моторної оливи для подальшої їх роботи. Ці умови можуть доповнюватися визначенням вмісту в моторній оливі таких елементів, як барій і цинк – компонентів, що

характеризують наявність уведеної в оливу присадки; кремнію й кальцію – продуктів стороннього забруднення оливи, а також зміни його основних показників.

Таблиця 4.6

**Значення діагностичних параметрів
моторної оливи по двигуну Д-50**

Показники	Значення діагностичних параметрів				
Зношування гільз у поясі найбільших зношувань, мм	0,05	0,13	0,20	0,32	0,45
Концентрація заліза в оліві, %	0,012	0,014	0,016	0,020	0,025
Концентрація заліза в маслі, мг/г оливи	0,80	1,10	1,31	1,70	2,16
Кількість заліза у відкладеннях, мг/г оливи	1,23	1,82	2,40	3,17	4,0
В'язкість оливи, сСт при 100 °С	12,0	12,5	13,2	14,4	15,0
Механічні домішки, %	0,40	0,62	0,70	0,96	1,20
Лужність, КОН, мг/г оливи	1,35	1,30	1,26	1,18	1,10

Таблиця 4.7

**Значення діагностичних параметрів
моторної оливи по двигуну СМД-14А**

Показники	Значення діагностичних параметрів					
Зношування гільз у поясі найбільших зношувань, мм	0,055	0,12	0,20	0,29	0,345	0,39
Концентрація заліза в оліві, %	0,0049	0,0071	0,0085	0,0098	0,0108	0,014
Концентрація заліза в оліві, мг/г оливи	1,1243	1,5630	2,050	2,5051	2,8282	3,2676
Кількість заліза у відкладеннях, мг/г оливи	0,8625	1,5510	2,6425	3,6087	4,0890	4,4738
В'язкість оливи, сСт при 100 °С	12,2	13,2	14,1	14,7	15,4	15,8
Механічні домішки, %	0,60	0,74	0,88	1,06	1,25	1,35
Лужність, КОН, мг/г оливи	1,18	1,02	0,69	0,61	0,56	0,43

Дійсно, зміна показників моторної оливи взаємозалежна з умовами експлуатації й режимами роботи двигуна, як показано на рис. 4.11. Так,

порушення нормальної роботи повітроочисника призводить до негайного підвищення вмісту в моторній оливі кремнію, що спричиняє миттєве зростання концентрації заліза в ній через його абразивний вплив на тертьові деталі.

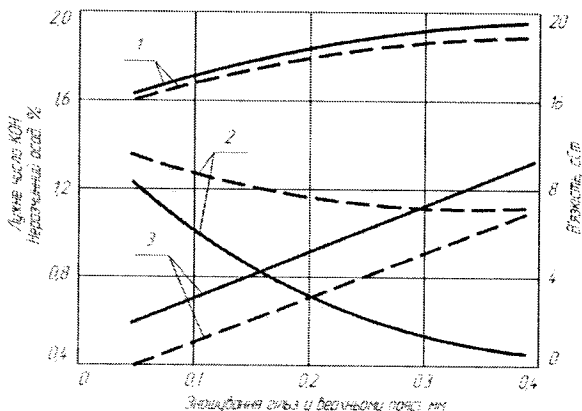


Рис. 4.11. Залежність показників моторної оливи від технічного стану двигунів: 1 – в'язкість у сСт при 100 °С; 2 – лужне число КОН, мг/г оливи; 3 – нерозчинний осад (суцільні лінії – для двигуна СМД-14А, а штрихові – для Д-50)

Різке підвищення концентрації в оливі заліза, але за відсутності в ній кремнію, вказує на технічну несправність в одному з механізмів двигуна або ж на погіршення загального технічного стану тертьових деталей через підвищення зазорів з'єднань, що спричинює більш інтенсивне їхнє зношування. Концентрація вмісту елементів барію й цинку як компонентів присадки, що містяться в оливі, говорить про наявність у ній активної частини присадки, а отже, і про збереження оливою необхідних експлуатаційних властивостей.

Наявність присадки в працюючій оливі можна контролювати також за показником КОН, що відповідає лужності масла. Зниження лужності в працюючій моторній оливі до нуля вказує на повну витрату нейтралізуючого компонента присадки, що може бути пов'язано із застосуванням для двигуна дизельного палива з підвищеним вмістом сірки або погіршенням процесу згоряння. Підвищення вмісту в моторній оливі нерозчинного осаду, найчастіше механічних домішок, проти звичайного їхнього накопичен-

ня, свідчить про порушення нормальної роботи оливофільтрувальних елементів. Останнє може бути пов'язано із заповненням ротора центрифуги забрудненнями або з малою частотою обертання ротора, що різко погіршує якість очищення моторної оливи.

У табл. 4.8 наведено граничні зміни вмісту в моторній оливі окремих елементів – барію, цинку, заліза, кремнію й алюмінію, а також у відповідній нормальній роботі тракторів у звичайних виробничих умовах експлуатації. Ці дані слід розглядати як контрольні під час оцінювання роботи двигунів у нормальних умовах експлуатації тракторів, при використанні дизельного палива із вмістом сірки до 0,5 % і застосуванні штатної моторної оливи. Зміна в'язкості моторної оливи в дизельному двигуні взаємопов'язана не тільки з процесами окислювання й полімеризації його вуглеводнів, які зумовлюють підвищення в'язкості, а й з роботою форсунок, що входять до системи живлення двигуна. При несправній форсунці паливо, не згоряючи, упорскуватиметься в камеру згоряння у вигляді струменя, стікатиме в картер двигуна й розріджуватиме оливу, значно знижуючи його в'язкість.

Таблиця 4.8

**Межі зміни вмісту окремих елементів
в моторній оливі при нормальній роботі двигунів**

Марка двигуна	Значення елементів, %				
	Барій	Цинк	Залізо	Кремній	Алюміній
	не менше ніж		не більше ніж		
СМД-14	0,13	0,028	0,013	0,006	0,003
Д-37М	0,18	0,019	0,006	0,004	0,003
Д-50	0,21	0,025	0,011	0,005	0,002
Д-20	0,18	0,008	0,006	0,002	0,001
СМД-62	0,25	–	0,018	0,006	–
ЯМЗ-24ПРО	0,30	–	0,006	0,005	–

Аналогічні приклади можна навести й за іншими показниками: випалюванням оливи, інтенсивністю накопичення відкладень у центрифугі, показником спалаху й кислотністю оливи, вмістом зольності й т.д. Слід зазначити, що метод періодичного контролювання роботи двигунів за зміною показників моторної оливи досить достовірний і може успішно застосовуватися для підвищення ефективності використання тракторів.

Виходячи зі встановлених закономірностей зміни експлуатаційних і фізико-хімічних показників моторної оливи під час сезонного терміну її роботи до заміни в різних марках двигунів і різному їх технічному стані під час експлуатації тракторів, у табл. 4.9 наведено допустимі значення в'язкості, зольності, лужності, вмісту механічних домішок, а також інтенсивності втримання відкладень оливою центрифугою, що відповідають нормальним умовам технічного стану й експлуатації двигунів.

Таблиця 4.9

**Межі зміни окремих показників моторного масла
при нормальній роботі двигунів**

Марка двигуна	Значення показників				
	В'язкість при 100 °С, сСт	Механічні домішки, %	Зольність, %	Лужність, число КОН	Відкладення на центри- фузі, г/год.
СМД-62	13,5	–	1,4	1,2	–
СМД-14	16,0	3,0	0,4	1,2	2,0...3,6
Д-37М	13,5	1,0	0,3	0,20	1,3...1,7
Д-50	13,0	1,7	0,5	0,10	2,0...2,7
Д-37Е	13,0	2,0	1,4	0,5	0,8...1,0

Застосовуючи періодичний відбір проб працюючої моторної оливи в тракторних двигунах, проводячи його аналіз і порівнюючи потім отримані дані з наведеними в таблицях значеннями, можна судити про характер процесів, що протікають в оливі, роботу повітроочисника, чистоту оливи, що доливається в картер двигуна для компенсації частини, яка згоріла, інтенсивність зношування деталей і т.д.

У цілому з комплексу показників аналізованої працюючої моторної оливи з достатньою вірогідністю для практичних цілей можна судити про необхідність її заміни, про роботу окремих приладів і механізмів двигуна, а також технічний стан деталей двигуна. Розглянуті показники є дійсними для основних марок двигунів і при застосуванні визначених сортів палива й олив.

При застосуванні нових марок моторних олив і нових присадок, використанні палива з іншим вмістом сірки, експлуатації нових марок тракторів потрібне відповідне коригування.

Контрольні запитання

1. Які завдання вирішує технічна діагностика?
2. Що може бути об'єктом діагностування?
3. Які завдання вирішуються у процесі діагностування?
4. Чим відрізняються алгоритм і програма діагностування?
5. Які вам відомі методи діагностування?
6. Класифікація методів функціонального діагностування.
7. Які діагностичні параметри перевіряються при ТО-1 тракторів?
8. Які діагностичні параметри перевіряються при ТО-2 тракторів?
9. Які діагностичні параметри перевіряються при ТО-3 тракторів?
10. На які групи поділяють параметри діагностування за величиною їхньої зміни?
11. Які параметри і якісні ознаки технічного стану перевіряють при діагностуванні паливного насоса?
12. Які параметри і якісні ознаки технічного стану перевіряють при діагностуванні трансмісії трактора?
13. Чим відрізняється діагностування справного трактора від діагностування трактора з несправністю?
14. Як змінюються показники моторної оливи в залежності від технічного стану двигуна?

ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ, ЗБЕРІГАННЯ І КОНСЕРВУВАННЯ МАШИН

5.1. Виробничий і технологічний процеси ремонту

Ремонтне виробництво – особливий вид вторинного виробництва машин або устаткування, яке характеризується не рівномірністю їхніх деталей і нестабільністю регулювань, тобто таких, що мають у своєму складі елементи різного терміну служби. Воно організовується в сфері споживання цих машин і устаткування й полягає в періодичному відтворенні частково втраченої працездатності внаслідок зношування їхніх окремих елементів.

У виробничому процесі ремонтного виробництва, схему якого показано на рис. 5.1, можливе споживання як виробленої продукції машинобудівного виробництва (готових запасних частин, складальних одиниць, агрегатів), так і агрегатів, вузлів і деталей ремонтного фонду. Ці елементи машин утворюються внаслідок специфічних для ремонтного виробництва технологічних операцій і є основою вторинного виробництва машин. Дійсний обсяг робіт з ремонту обмежується й визначається середніми або фактичними витратами праці по виконаних розбірно-складальних, мийних, ремонтних і контрольно-випробувальних роботах.

ТО машин є комплексом технологічних операцій з поновлення неконструктивних вихідних елементів (змащування, регулювання й т.п.) цих машин.

Під *виробничим процесом* ремонту машин розуміють сукупність дій людей, знарядь виробництва й окремих процесів, які поводяться для одержання працездатної машини з агрегатів, складальних одиниць і деталей, що частково втратили працездатність, але цілком ремонтпридатні.

Обсяги їхнього виконання входять в обсяги ремонтного виробництва, що має справу з машинами, агрегатами й складальними одиницями, які частково втратили працездатність, але є ремонтпридатними й слугують своєрідними заготовками для цього виробництва. Своєрідність цих процесів, на відміну від виготовлення машин, що відбуваються за схемою сировина – виготовлення – машина, в ремонтному виробництві полягає в їхній замкнутості, тобто машина – ремонт – машина.

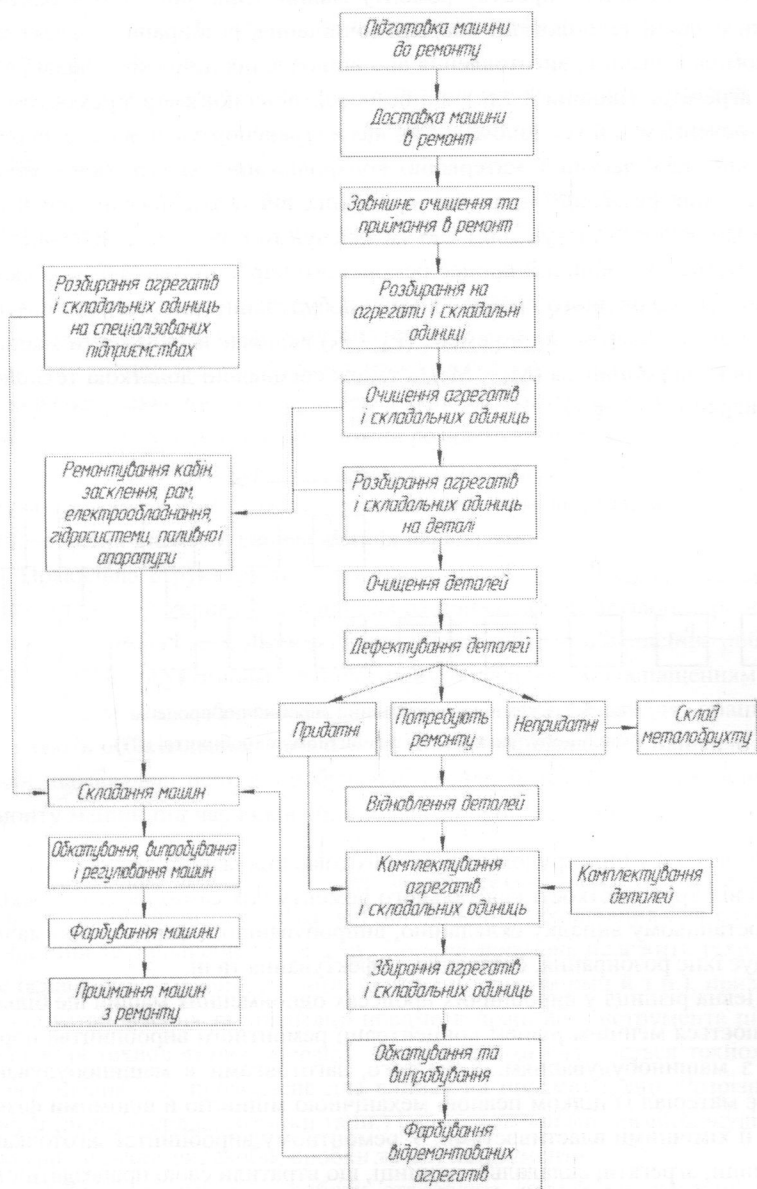


Рис. 5.1. Схема виробничого процесу ремонту складної машини

До виробничого процесу ремонту машин (див. рис. 5.1) входять не тільки основні технологічні операції (очищення, розбирання, дефектування, комплектування, виготовлення або відновлення деталей, складання вузлів, агрегатів, машини й т.п.), які безпосередньо пов'язані з ремонтом або виготовленням, а й усі допоміжні процеси (транспортування об'єктів ремонту, запасних частин і матеріалів, контролювання якості, приймання й складування ремфонду й готової продукції, виготовлення пристосувань і нестандартного устаткування), що забезпечують можливість діяльності підприємства. Виробничий процес ремонтного виробництва набагато складніший від відповідного процесу в машинобудуванні (рис. 5.2). Це пояснюється тим, що капітальний ремонт ($P_4 - P_5$) включає всі елементи машинобудівного виробництва ($M_1 - M_5$), а також специфічні додаткові технологічні операції ($P_{д1} - P_{д5}$).

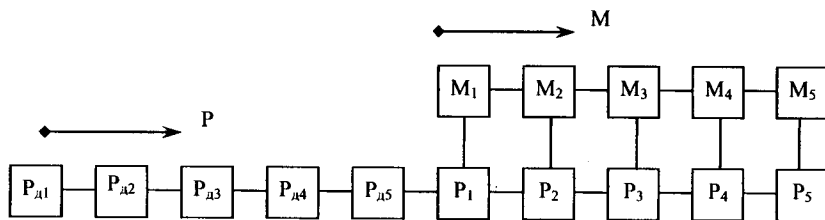


Рис. 5.2. Схеми для порівняння виробничих процесів у машинобудуванні (М) і ремонтному виробництві (Р)

У зв'язку з цим трудомісткість виготовлення машин завжди буде меншою від трудомісткості капітального ремонту тих самих об'єктів, оскільки в останньому випадку складанню, випробуванню й фарбуванню машин передує їхнє розбирання, очищення, дефектування та ін.

Певна різниця у виробничих процесах однойменних машин ще більше посилюється меншим рівнем концентрації ремонтного виробництва порівняно з машинобудуванням. Крім того, заготовками в машинобудуванні слугує матеріал із цілком певною механічною міцністю й відомими фізичними й хімічними властивостями. У ремонтному виробництві заготовками є машини, агрегати, складальні одиниці, що втратили свою працездатність.

Собівартість відремонтованої машини може бути меншою від аналогічної нової, оскільки частина деталей, агрегатів, вузлів, складальних оди-

ниць повертається в машину для повторного використання. Вартість таких елементів навіть після відновлення завжди буде меншою за вартість нових або запасних частин.

Виробничий процес поділяється на ряд технологічних процесів. *Технологічним процесом* називається частина виробничого процесу щодо зміни форми, розмірів, властивостей матеріалу або предмета виробництва з метою одержання виробу відповідно до заданих технічних вимог. Технологічні процеси встановлюють певну послідовність виконання ремонту машин і устаткування.

Структура технологічного процесу залежить від ступеня його розчленованості, багато в чому визначається конструкцією машини й програми сервісного підприємства. Якщо програма велика, то він складається з великої кількості технологічних процесів і включає багато робочих місць, і навпаки. Крім того, якщо машину можна розчленувати на легко відокремлювані агрегати (двигун, коробку передач, передній і задній мости, рульове керування, кабіну й ін.), то процес поділяють на велику кількість окремих технологічних процесів і виконують їх паралельно.

Правильна структура технологічного процесу тієї або іншої машини чи агрегату має важливе значення для раціональної організації виробничого процесу ремонту, зниження його собівартості й оснащення робочих місць високопродуктивним технологічним обладнанням і оснащенням.

Технологічним обладнанням називаються такі знаряддя праці, які включають об'єкти (металорізальні верстати, зварювальні й наплавні установки, нагрівальні печі, випробувальні стенди й ін.) для відновлення або ремонту машин під час виконання заданого процесу, а також технологічне оснащення.

Технологічне оснащення – це засоби технологічного устаткування (приспособування й інструменти), які доповнюють обладнання для виконання частини технологічного процесу. До *приспособувань* належить технологічне оснащення (патрони, люнети, затискачі, прес-форми й т.п.), призначене для встановлення та орієнтації предмета праці або інструмента під час виконання технологічної операції. *Інструментом* називається технологічне оснащення, яке призначене для впливу на предмет праці. Розрізняють *ріжучі* (різці, свердла, мітчики та ін.) і *вимірювальні* (штангенциркулі, мікрометри, індикатори, скоби, пробки та ін.) інструменти.

Підйомно-транспортні роботи становлять невід'ємну частину виконання як окремого технологічного процесу, так і виробничого процесу ре-

монту машини в цілому. Від їхнього оснащення відповідними засобами значною мірою залежать продуктивність і безпека праці робітників, рівень механізації робіт, структура ділянок і якість ремонту. Підіймно-транспортні засоби поділяють на два типи: циклічної й безперервної дії. До першого належать електро- і автотранспортувачі, кран-балки, монорейки, консольно-поворотні крани, підійомники й т.д., до другого – різні конвеєри, рольганги, скати, лотки й т.п. Для виконання цих робіт додатково застосовуються різні захоплювачі для піднімання й транспортування машин, агрегатів, устаткування, складальних одиниць та окремих деталей, а також інше обладнання й оснащення.

Технологічний процес складається з окремих *операцій*, які поділяються на установлення, позиції, переходи, проходи й прийоми.

Технологічна операція – це частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці й включає всі послідовні дії робітника (групи робітників) та устаткування з оброблення деталі (або декількох одночасно оброблюваних деталей), збирання (розбирання) складальної одиниці, агрегату чи машини та складання технологічної документації. Операції в технологічній документації, зазвичай, нумеруються числами 5, 10, 15 і т.д., до яких допускається додавати ліворуч нулі (005, 010, 015 і т.д.). Найменування операції має відбивати застосовуваний вид обладнання або назву процесу й записуватися ім'ям прикметника в називному відмінку (токарська, зубообробна, наплавочна, очисна, складальна, випробувальна, контрольна й т.д.).

Установленням називається частина операції, яка виконується при одному закріпленні деталі (або декількох одночасно оброблюваних деталей) на верстаті або в устаткуванні. Так, напресування підшипника під пресом на один кінець вала – перше установлення, а напресування підшипника під пресом на інший кінець вала – друге. Установлення позначають прописними буквами алфавіту (А, Б, В і т.д.).

Позицією називається кожне окреме положення деталі, яке вона займає щодо верстата при незмінному закріпленні.

Переходом називається цілком закінчена частина технологічної операції, яка не може бути роздроблена й виконується одним або декількома робітниками одночасно без зміни інструмента, незмінності оброблюваної поверхні (поверхонь) і режиму роботи верстата. Зміна тільки одного з перерахованих елементів визначає новий перехід. Переходи нумерують числами 1, 2, 3, 4 і т.д. Перехід складається з проходів.

Проходом називається частина переходу, що охоплює всі дії, пов'язані зі зняттям одного шару металу при незмінності інструмента (інструментів), поверхні (поверхонь), оброблення й режиму роботи верстата. Так, на токарному верстаті проходом називається безперервне зняття різцем одного шару стружки.

Прийомом називають закінчену дію робітника (наприклад, постановку й зняття деталі, пуск верстата або обладнання, перемикання швидкостей і т.п.). Поняття «прийом» використовується при технічному нормуванні.

Технічна документація на ремонт виробів являє собою комплекти документів, установлені відповідно до Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСПВ). Під технологічною підготовкою виробництва розуміють сукупність взаємозалежних процесів, що забезпечують технологічну готовність підприємства до випуску виробів заданого рівня якості при встановлених строках, обсязі випуску й витратах, на основі новітніх досягнень науки й техніки. До документації ремонтного підприємства також входять: Єдина система конструкторської документації (ЄСКД), Єдина система технологічної документації (ЄСТД), Державна система забезпечення єдності вимірювань (ДСВ), Система стандартів безпеки праці (ССБП), галузеві стандарти й інша нормативно-технічна документація. Зміст документації залежить від особливостей організації виробництва (одиничне, серійне або масове) і розмірів його виробничої програми.

Ремонтна документація розробляється відповідно до діючих стандартів і містить у собі робочі документи на ремонт складальних одиниць, агрегатів, машин і устаткування, відновлення деталей і контроль виробів після їхнього ремонту. Її складають окремо на ТО, потоковий і капітальний ремонти машин та обладнання.

Основним документом для технологічних процесів ремонту машин, обладнання та їхніх складових частин у сільському господарстві є *типова технологія*. До комплексу матеріалів типової технології входять: технічні вимоги на здавання в ремонт і видачу з ремонту повнокомплектних тракторів, автомобілів, комбайнів та їхніх складових частин; технічні вимоги на капітальний ремонт сільськогосподарської техніки, а також по дефектуванню їхніх деталей; маршрутні технологічні процеси на капітальний ремонт тракторів, комбайнів, автомобілів, їхніх двигунів, шасі, гідросистем, паливної апаратури та електрообладнання; середні нормативи часу й норми витрат матеріалів на ремонт машин, обладнання та їхніх складових частин; перелік ремонтного обладнання й інструменту; альбом креслень нестандартного ремонтно-технологічного оснащення.

До комплексу матеріалів типової технології з ремонту сільськогосподарської техніки включено технічні вимоги на поточний ремонт тракторів, автомобілів і деяких спеціальних машин; технологічні карти на заміну агрегатів під час поточного ремонту; креслення нестандартного обладнання для зберігання сільськогосподарської техніки; технічні вимоги на ремонт плугів, сіялок, культиваторів і машин по внесенню добрив; рекомендації з організації й технології ремонту зернових комбайнів та ін.

5.2. Види й методи ремонту машин

Загальні відомості. Типи сервісних підприємств, їхня виробнича потужність і розміщення багато в чому залежать від якісного й кількісного складу сільськогосподарської техніки, а також від ґрунтово-кліматичних умов у тому або іншому регіоні країни.

Вихідними даними для розрахунку обсягу робіт сервісного підприємства по ТО й ремонту в АПК є: очікувана кількість техніки, поголів'я худоби й птиці на тваринницьких фермах і комплексах на намічуваний період обслуговування; плановані середньорічні обсяги тракторних та інших механізованих сільськогосподарських робіт і середньорічний пробіг автомобілів; структура існуючої ремонтної бази й перспективний напрям її розвитку. На основі цих даних розраховують загальний обсяг робіт з ремонту й ТО машин і обладнання, орієнтовно розподіляють цей обсяг робіт за місцями виконання, а також виявляють відсутні потужності за видами і обсягами робіт у різних підприємствах сервісної бази, що дає змогу визначити як найефективніші напрями розвитку.

Визначення обсягу робіт з ТО й ремонту, які необхідно виконувати в сервісних підприємствах, має певні труднощі. Зазвичай, їх виконують декількома методами. Найчастіше обсяг робіт визначають за умовним річним наробітком машин, їхнім технічним ресурсом і прийнятою періодичністю ремонтно-обслуговувальних операцій. Планова система ТО й ремонту машин, регламентує види й періодичність цих робіт.

Види та періодичність технічного обслуговування й ремонту

Для підтримки й відновлення працездатності машин, що втрачається в процесі їхньої експлуатації, системою ТО й ремонту техніки в АПК передбачено такі елементи: ТО під час експлуатації – щозмінне або щоденне

(ЩО); номерні технічні обслуговування (ТО-*i*) – сезонні технічні обслуговування (СО); технічний огляд (ТОГ); поточний (ПР) і капітальний (КР) ремонти.

Щозмінне або щоденне обслуговування (ЩО) машин і обладнання проводять по закінченні роботи кожної зміни або кожного дня. Воно передбачає переважно очищення, прослуховування, дозавправлення й візуальну перевірку технічного стану машини безпосередньо на місці роботи або на спеціальних постах у приміщеннях. Такому обслуговуванню підлягають усі машини й обладнання, що перебувають у роботі.

Номерні технічні обслуговування (ТО-*i*) проводять через певний, установлений правилами, проміжок часу або після певного напрацювання (обсягу робіт), виконаного певною машиною або групою машин. Періодичність ТО-*i* тракторів і самохідних шасі встановлюється в годинах роботи, незалежно від їхньої марки або маси витраченого палива окремо для трактора (шасі) кожної марки; іноді періодичність беруть за напрацюванням в умовних еталонних гектарах для машин кожної марки. Залежно від умов експлуатації тракторів фактичну періодичність номерних технічних обслуговувань допускається змінювати в межах $\pm 10\%$ від встановленого значення.

Періодичність ТО-*i* автомобілів встановлюється в кілометрах пробігу залежно від типу автомобіля й від категорії дорожніх умов експлуатації. Наприклад, для 3-ї категорії дорожніх умов експлуатації, найпоширенішої в сільській місцевості, періодичність ТО-1 легкових автомобілів становить 3 тис. км пробігу, автобусів – 2,8, вантажних автомобілів усіх типів – 2,5, періодичність ТО-2 легкових автомобілів – 12, автобусів – 11,2, вантажних автомобілів всіх типів – 10 тис. км пробігу.

Періодичність ТО-1 і ТО-2 комбайнів, складних самохідних і причіпних машин, а також складних стаціонарних машин становить відповідно 60 і 240 мото-годин. Залежно від умов експлуатації допускається відхилення фактичної періодичності в межах до $\pm 20\%$ від встановленого значення.

Для посівних і посадкових машин, жниварок і підбирачів, машин по захисту рослин і внесенню добрив встановлено одне номерне обслуговування ТО-1, яке проводять через кожні 60 год. роботи.

Періодичність проведення ТО-1 і ТО-2 для встаткування тваринницьких ферм виражена в годинах наробітку. Для комплектів машин і встаткування ферм молочного напрямку ТО-1 проводять через кожні 120 год. (1 раз на місяць), а ТО-2 – через 720...1440 год. (2 рази на рік); свилярських від-

годівельних – ТО-1 через 120 год. (1 раз на місяць), а ТО-2 – через 720 год. (2 рази на рік); птахівницьких – ТО-1 через 240 – 360 год. (1 раз на два місяці) і ТО-2 – через 720...960 год. (2 рази на рік).

Періодичності виконання ТО-1 і ТО-2 для обладнання нафтоскладів і пунктів заправлення машин розраховано в календарній тривалості часу роботи цього обладнання. Для паливо-роздавальних, оливо-роздавальних колонок і приймально-роздавальних агрегатів ТО-1 проводять через 3 місяці, ТО-2 – через 6 місяців роботи, для резервуарів ТО-1 – через 6 місяців і ТО-2 – один раз на рік.

ТО-і передбачає виконання очищувально-мийних, контрольно-оглядових, кріпильних, регулювальних і оливо-заправних операцій. По кожному номерному обслуговуванню правилами встановлено суворо регламентований перелік обов'язкових операцій для окремої машини або однорідних груп машин (обладнання). Номерні обслуговування мобільних машин проводять на спеціально обладнаних стаціонарних пунктах технічного обслуговування, станціях технічного обслуговування або на окремих площадках з використанням пересувних механізованих агрегатів.

Сезонні технічні обслуговування (СО) проводять відповідно до пори року, щоб забезпечити найкращі умови експлуатації машин. Перед експлуатацією в осінньо-зимовий сезон у тракторах і автомобілях промивають радіатор, міняють мастильні матеріали на зимові сорти, утеплюють двигун і кабіну, обладнують пристрої прогріву двигунів перед пуском і т.д. Після закінчення осінньо-зимового сезону експлуатації знову міняють мастильні матеріали на літні сорти, знімають утеплення й пристрої підігріву. Зазвичай, сезонне обслуговування суміщають із черговим номерним технічним обслуговуванням машини.

Трактори, комбайни й інші складні машини, які протягом року ставлять на тривале зберігання, додатково обслуговують у такі терміни: при підготовці до тривалого зберігання – не пізніше 10 днів з моменту закінчення експлуатації; у процесі тривалого зберігання – 1 раз на місяць; при утриманні на відкритих площадках і під навісом – 1 раз на два місяці; при зберіганні в закритих приміщеннях, при знятті з тривалого зберігання – за 15 днів до початку експлуатації.

Технічний огляд (ТОГ) проводять 1 – 2 рази на рік у терміни, встановлені обласними організаціями, для визначення технічного стану машин і виявлення їхнього залишкового ресурсу. Це необхідно, щоб запобігти передчасному або необґрунтованому ремонту. ТОГ тракторів, автомобілів і

сільськогосподарських машин пристосовують, зазвичай, до початку весняних польових робіт. Огляд устаткування ферм і комплексів великої рогатої худоби проводять перед початком стійлового періоду або після його закінчення, а обладнання свинарських відгодівельних і птахівницьких ферм – після зняття з відгодівлі свиней або птиці. Як правило, технічний огляд суміщають із діагностуванням машини (обладнання). Оглядом машин займається спеціальна комісія, очолювана представником райради, за участю персоналу, що працює на пропонованих машинах. При виявленні необхідності в ремонті на машину (обладнання) складають відомість дефектів за встановленою формою.

Поточний ремонт (ПР) передбачає усунення окремих відмов і несправностей агрегатів і вузлів машини (обладнання) для забезпечення або відновлення їхньої працездатності в міжремонтний період. Він включає всі операції, що входять до номерного технічного обслуговування, а також роботи із часткового розбирання машини й заміни окремих агрегатів і деталей (крім базових) на нові або відремонтовані.

ПР тракторів і самохідних шасі проводять через 1700 – 2100 год. напрацювання. Трудомісткість поточного ремонту складається із часу планових і непланових операцій, що визначаються за результатами ресурсного діагностування, яке проводять перед постановкою трактора на ремонт. Виконують ПР тракторів на сервісному підприємстві, яке оснащено відповідним ремонтним обладнанням і має підготовлений персонал. ПР автомобілів виконують за потребою при ТО-і і за результатами діагностування. Комбайни й сільськогосподарські машини піддають ПР щорічно (за винятком гарантійного періоду) після закінчення польових робіт. Трудомісткість ремонту визначають за результатами діагностування. Якщо необхідно, під час ПР окремі складні агрегати й вузли капітально ремонтують або замінюють на нові й відремонтовані.

ПР машин і обладнання тваринницьких ферм і комплексів проводять за потребою на місці їхньої експлуатації з використанням нових і відремонтованих агрегатів з обмінного фонду сервісних підприємств або виробників. ПР обладнання нафтоскладів і пунктів заправлення виконують також за необхідністю, що визначається в процесі експлуатації й при контрольних операціях ТО. Ремонт виконують на місці, замінюючи несправні агрегати й вузли на справні з обмінного фонду сервісних підприємств або виробників. Несправні агрегати й вузли можуть ремонтуватися на сервісних підприємствах або у виробників.

Капітальний ремонт (КР) передбачає відновлення працездатності й ресурсу машин, втрачених ними під час експлуатації, у межах повного або близького до повного ресурсу нової машини. Для такого ремонту потрібні повне розбирання й складання машини, заміна на нові або відновлення всіх зношених деталей, у тому числі й базових, а також випробуванням агрегатів і машини в цілому.

Періодичність КР для тракторів і самохідних шасі встановлено за годинами напрацювання, залежно від марки трактора або за кількістю витраченого палива: для автомобілів – за кілометражем пробігу; для комбайнів і складних машин – за годинами напрацювання або за гектарами прибраної площі; для машин і обладнання тваринницьких ферм і комплексів – за годинами роботи. Остаточне рішення про постановку машини або обладнання на КР приймає комісія власника машини після проведення діагностування. Величина пробігу автомобіля до КР і між КР залежить від умов його експлуатації, природно-кліматичної зони й марки автомобіля.

Методи технічного обслуговування й ремонту

Різноманіття машин в АПК за призначенням, типами, марками та конструктивними особливостями, а також за умовами їхньої експлуатації зумовлює необхідність організації різних форм виробничого процесу ТО й ремонту. Весь комплекс операцій з підтримки техніки в працездатному стані виконують певними сформованими методами [31].

ТО експлуатаційним персоналом. У цьому випадку всі операції з ТО виконує персонал, який працює на закріпленій машині або обладнанні. Такий метод використовують переважно для виконання ЦО й іноді для ТО-1.

ТО спеціалізованим персоналом. Тут усі операції технічного обслуговування виконує спеціалізований персонал. Цей метод більш прогресивний, оскільки забезпечує вищу якість і знаходить більш широке застосування в сервісних підприємствах АПК.

ТО спеціалізованою організацією підприємства-виготовлювача. Метод найбільше застосовують для обслуговування легкових автомобілів, які перебувають у приватному користуванні, а також сільськогосподарської техніки закордонного виробництва.

Централізований і децентралізований методи ТО. У першому випадку всі операції ТО проводить персонал за допомогою засобів одного підрозділу підприємства. При децентралізованому обслуговуванні для вико-

нання окремих видів ТО або окремих операцій організують кілька підрозділів підприємства. Обидва методи застосовують при обслуговуванні тракторів, комбайнів і обладнання тваринницьких ферм.

Потоковий метод ТО характеризується виконанням усіх операцій на спеціалізованих робочих місцях з певною технологічною послідовністю й ритмом. Це найбільш прогресивна форма організації робіт. Її застосовують для проведення ТО на спеціалізованих сервісних підприємствах.

Методи ремонту залежать від форми організації праці з відновлення працездатності машин (обладнання).

Знеособлений метод ремонту полягає в тому, що придатні або відновлені вузли й деталі при складанні машини можуть бути поставлені на будь-який аналогічний об'єкт, що ремонтується. Цей метод ремонту широко застосовують на ремонтних підприємствах, оскільки він набагато спрощує організацію виробництва, але має й істотні недоліки. Припрацьовані придатні пари деталей, розкомплектовані при розбиранні, з'єднують під час складання з іншими деталями, що мають різне зношування й не припрацьовані одна до одної. В результаті наступного припрацьовання йде швидке зростання зношування через підвищений питомий тиск на тертьові поверхні, й значно знижується ресурс машини (обладнання). Крім того, знеособлений метод ремонту утруднює можливість організації серед механізаторів стимулювання змагання за збереженість машини, оскільки після кожного чергового ремонту машину укомплектовано іншими вузлами й агрегатами, які невідомо скільки часу пропрацювали на інших машинах.

Незнеособлений метод ремонту передбачає, що придатні або відновлені вузли й деталі будуть установлені на певний об'єкт, який ремонтується. Цей метод практично виключає всі недоліки знеособленого ремонту, але значно утруднює організацію виробництва, особливо на підприємствах зі значним обсягом робіт. Тому незнеособлений ремонт застосовують в основному в майстернях господарств.

Агрегатний метод ремонту іноді називають різновидом знеособленого ремонту. За цим методом несправні агрегати замінюють на нові або задалегідь відремонтовані. Агрегатний ремонт різко скорочує простої машини в ремонті. Весь процес зводиться до проведення розбірно-складальних робіт, пов'язаних із заміною агрегату. Часто такі роботи можна виконувати в невеликих майстернях. Зняті несправні агрегати відправляють на обмінні пункти або безпосередньо на спеціалізовані ремонтні пі-

дприємства. Цей метод значно поширений при ремонті тракторів, автомобілів, технологічного встаткування та ін.

Потоковий метод ремонту характеризується виконанням усіх операцій на спеціалізованих робочих місцях у певній технологічній послідовності, із заданим ритмом. Такий метод застосовують переважно на спеціалізованих ремонтних підприємствах з великим обсягом ремонту однорідних об'єктів.

5.3. Раціональні способи відновлення деталей

У сільськогосподарському ремонтному виробництві існує значна кількість способів і засобів відновлення зношених деталей. Ті самі дефекти можуть усуватися декількома методами. Наприклад, гільзи циліндрів – шістьома, опорні ковзанки гусеничних тракторів – 12, колінчасті вали – 18, ущільнювальні вузли тракторів і сільськогосподарських машин – більше ніж 20. Тому деталі, що підлягають відновленню, класифікують залежно від їхньої геометричної форми, особливостей дефектів і спільності технологічної характеристики. Систему класифікації деталей наведено на рис. 5.3.

Система класів і підкласів поділяється на деталі тіл обертання й просторових форм. Класах та підкласах деталі поділяються в залежності від їх призначення, характерної форми або розміру. Класифікація деталей дає змогу: розподілити деталі для розроблення типових і групових технологічних процесів; створити універсальне ремонтно-технологічне обладнання, оснащення для використання його під час відновлення групи подібних деталей; раціонально організувати робочі місця; усунути різницю в нормативних показниках на однакові й подібні деталі при їхньому відновленні; механізувати розрахункові, планово-виробничі й інші операції; створити найбільш доцільну схему внутрішньоцехового й міжцехового транспорту; організувати міжзаводську й внутрішньозаводську подетальну спеціалізацію ремонтного виробництва; вибрати оптимальну виробничу структуру ділянки і цеху з відновлення деталей ремонтного підприємства. Усе це створює умови для впровадження методів серійного й багатосерійного виробництва відновлення деталей на ремонтних підприємствах.

Класи		Позначення і зміст									
Зміст і позначення		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лінійні протарбові форми	0 Деталі довжини $l \leq 100$ в-с-0	Шестькош	Пальці довжини остягоєкості деталі	Хрестовини карданного валу	Детали пальців паралельні	Копачи	Вали карданні	Черв'яки	Пальці паралельні	Вали скручені коніфігуральні	Вали карданні
	1 Вали черв'яки $l > 100$	Вали сучільні	Вали паразитні з з'єднанням отвором	Вали шестерні	Центричні	Вали експертні	Вали карданні	Секторні	Пальці паралельні	Вали скручені коніфігуральні	Вали карданні
	2 Ковзес зубчасті	Циліндричні	Вертюльові конічні		Базальт-вмачеві	Черв'яки	Черв'яки	Зірочка криволинійна		Вертюльові коніфігуральні	
	3 Дисконіжон-вікши відкриті коніфігуральні	Фланці кардуси лобовий	Барабанні с/2 машини	Начевики	Циліндричні	Муфти	Циліндричні	Барабанні зольні	Колеса с/2 машини	Колеса с/2 машини	Колеса коніфігуральні
	4 Вбудовані шпіндральні зольні	Вбудовані зольні	Гільзи шпіндральні	Циліндричні ступиці	Циліндричні шпіндральні	Човики диференціальні	Циліндричні ковзальні	Циліндричні зольні	Підшипники ковзальні	Човики шпіндральні	Човики шпіндральні
	5 Деталі лопатки	Лопатки	Площи	Площи	Площи	Дисконіжон	Дисконіжон	Лопатки шпіндральні	Лопатки шпіндральні	Лопатки шпіндральні	Лопатки шпіндральні
	6 Кривошипні довж. виміри карданного	Кривошипні довж. виміри карданного	Кривошипні довж. виміри карданного	Кривошипні довж. виміри карданного	Кривошипні довж. виміри карданного	Кривошипні довж. виміри карданного	Кривошипні довж. виміри карданного	Кривошипні довж. виміри карданного	Кривошипні довж. виміри карданного	Кривошипні довж. виміри карданного	Кривошипні довж. виміри карданного
	7 Деталі кардуси	Блок шпіндральні	Корпуси редукторні	Корпуси шпіндральні	Корпуси шпіндральні	Корпуси шпіндральні	Корпуси шпіндральні	Корпуси шпіндральні	Корпуси шпіндральні	Корпуси шпіндральні	Корпуси шпіндральні
	8 Гладкі редуктори	Гладкі редуктори	Гладкі редуктори	Гладкі редуктори	Гладкі редуктори	Гладкі редуктори	Гладкі редуктори	Гладкі редуктори	Гладкі редуктори	Гладкі редуктори	Гладкі редуктори
9											

Рис. 5.3. Система класифікації деталей [10]

Розподіл довжин і діаметрів валів машин, які працюють у сільському господарстві, наведено на рис. 5.4 і 5.5.

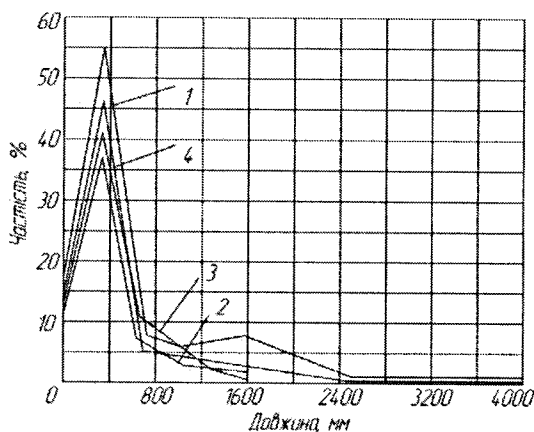


Рис. 5.4. Розподіл довжини валів тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин:
1 – трактори; 2 – автомобілі; 3 – сільгоспмашини; 4 – усі машини

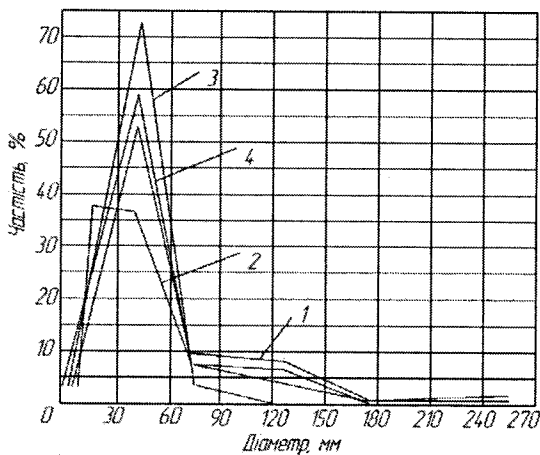


Рис. 5.5. Розподіл діаметрів валів тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин:
1 – трактори; 2 – автомобілі; 3 – сільгоспмашини; 4 – усі машини

Усі дефекти деталей автомобілів, тракторів і сільськогосподарських машин розбито на 14 груп за видами поверхонь, що пошкоджуються: зношування циліндричної зовнішньої поверхні; зношування конічної й сферичної поверхонь; зношування шліців; зношування пазів, канавок, лисок; зношування, пошкодження різьби; зношування отворів; зношування й жолоблення плоскої поверхні; зношування профільної й фасонної поверхні; зношування зубців циліндричних шестірень; зношування зубців конічних шестірень; зношування поверхні черв'яка; тріщини, злами; скручування; вигин.

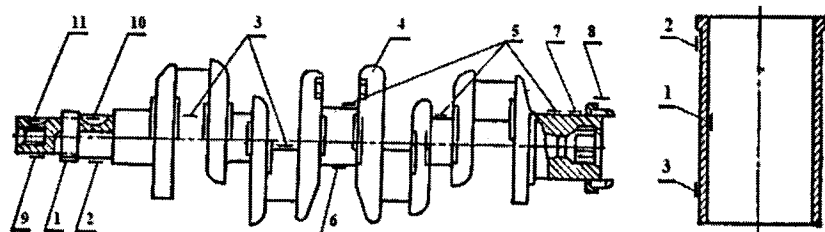
Наявність і кількість дефектів і зношувань на основних деталях машин наведено на рис. 5.6 – 5.8. Зношування різних конструктивно-подібних груп деталей машин коливаються в межах 0,01...10 мм. Найбільша кількість деталей (майже 83 %) має зношування до 0,6 мм. З них зношування до 0,1 мм – 52 %; до 0,2 – 12; до 0,3 – 10; до 0,4 – 1; до 0,5 – 5 і до 0,0 – 3 %.

Зношування поверхонь деталей різних груп має приблизно такі показники: циліндричної – 52 %, конічної й сферичної – 3, шліців – 3, пазів, канавок, лисок – 5, різьблення – 10, плоскої поверхні – 1, зубців шестірині – 2, профільної, фасонної поверхні – 1, тріщини й злами спостерігаються в 9, порушення геометрії й форми – в 13 % деталей.

Як показує аналіз, до 40 % дефектів, що трапляються найчастіше, – це зношування зовнішньої циліндричної поверхні, а 60 % – внутрішньої. Характеристика зношувань груп деталей – деталей-представників і можливі способи їхнього відновлення подано в табл. 5.1.

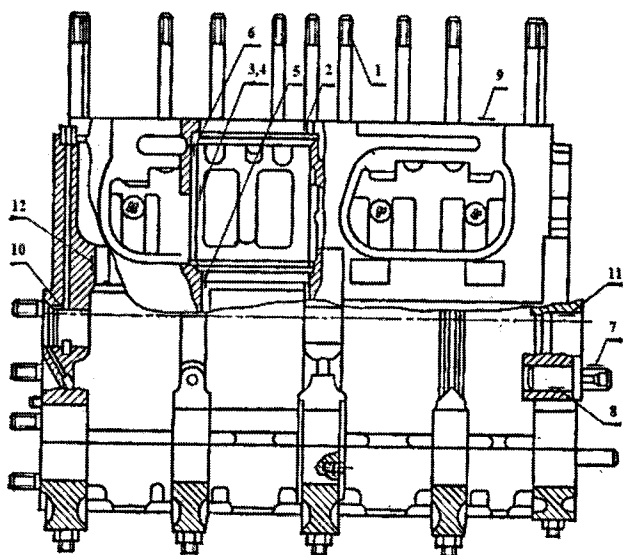
5.4. Показники зберігання і консервування техніки

На практиці склалася певна система показників, яка в основному забезпечує одержання, розроблення й аналіз даних про чисельність, технічний стан і використання тракторів та сільськогосподарських машин, вирахування розмірів і складу енергетичних потужностей, енергооснащеності праці, вивчення рівнів механізації робіт у землеробстві й тваринництві. Однак ця система показників не дає повного уявлення про умови зберігання техніки й не дає змоги визначити розміри й рівень забезпеченості засобами зберігання тракторів і сільськогосподарських машин. А збереження техніки протягом усього періоду її експлуатації – найважливіше народногосподарське завдання.

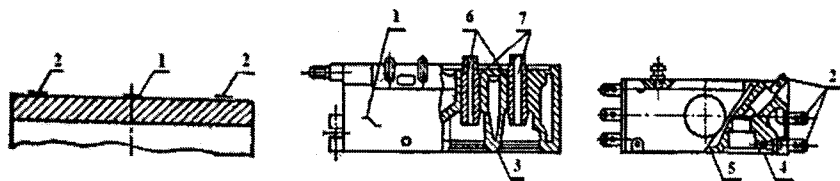


a

б



в



г

д

Рис. 5.6. Дефекти типових деталей сільськогосподарської техніки

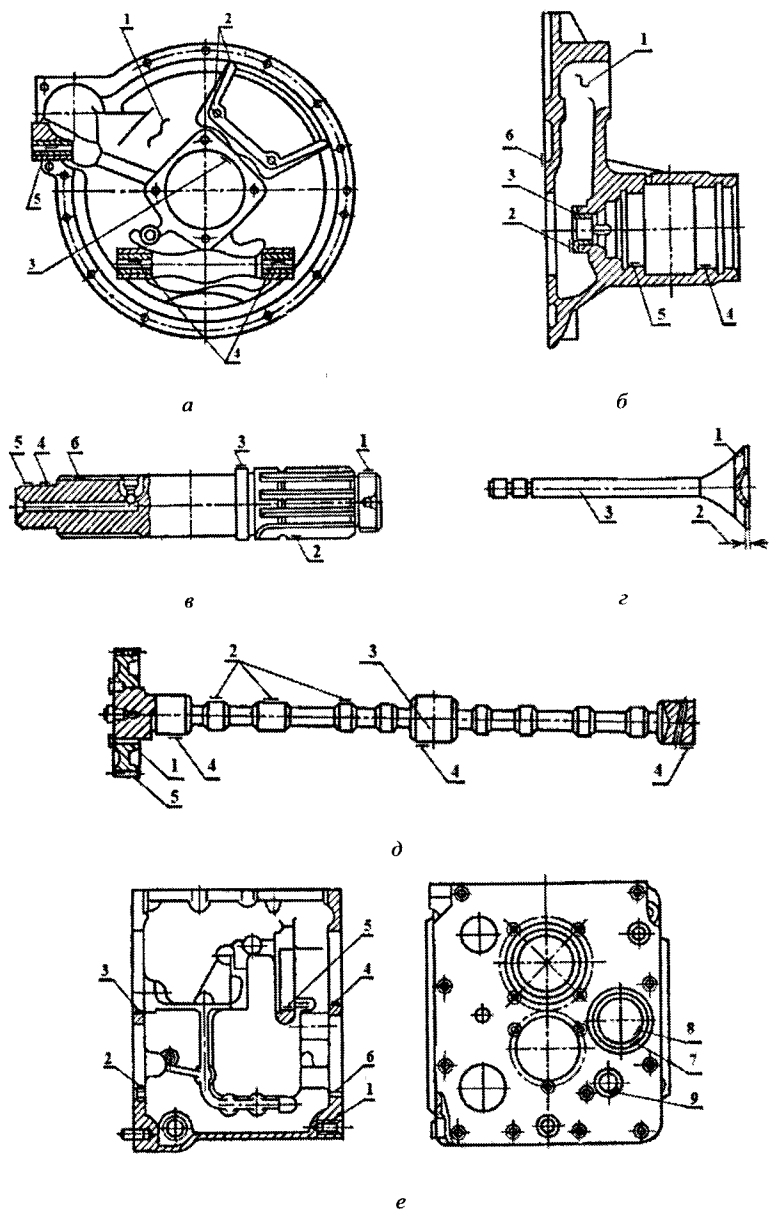


Рис. 5.7. Дефекти типових деталей сільськогосподарської техніки

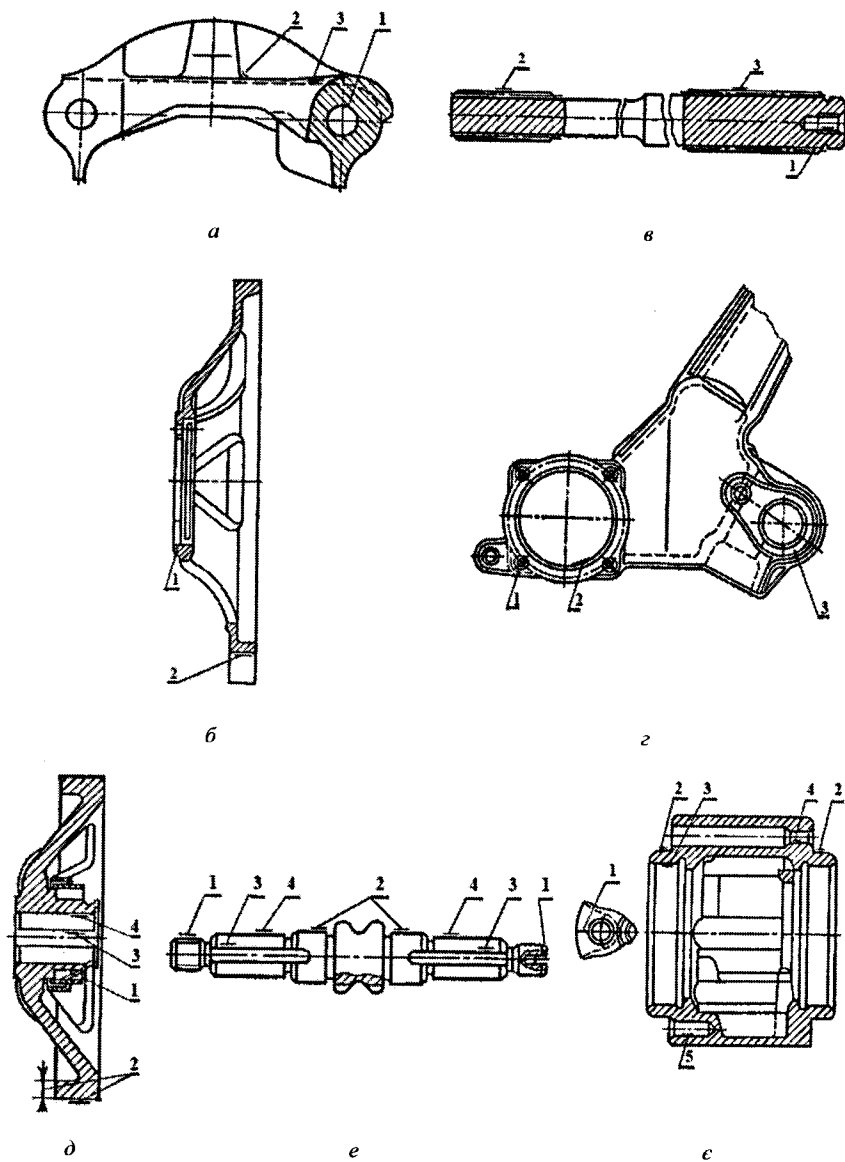


Рис. 5.8. Дефекти типових деталей сільськогосподарської техніки

Характеристики типових деталей-представників за видами зношування [10]

Характер роботи	Матеріал, маса	Вид зношування	Явища, що характеризують певний вид зношування	Максимальне зношування в місці, позначеному на рис. 5.6 – 5.8, мм	Види дефектів в експлуатації	Існуючі способи відновлення основних дефектів
<i>Вал колінчастий 14-0401.1А (рис. 5.6, а)</i>						
Періодичні навантаження від сил тиску газів та інерції мас, що рухаються і спричинюють зміни напружності в елементах вала: тертя шийок об вкладки підшипників	Сталь 45, 42,4 кг	Окисне, порушення втомної міцності, молекулярно-механічне	Утворення продуктів хімічної взаємодії металу із середовищем і руйнування окремих мікроділянок поверхневого шару з відділенням матеріалу	<i>I</i> – пошкодження різьби; 2 – 0,01; 3 – 2,6; 4 – 0,3; 5 – 1,8; 6 – 0,04; 7 – 0,5; 8 – 0,02; 9 – 1,5; 10 – 0,02; 11 – 0,02	Пошкодження різьби, овальність і конусність шатунних і корінних шийок, вигинання вала, зношування паза під сегментну й призматичну шпонку по ширині, зношування конічної поверхні під шків	Шліфування шийок під ремонтний розмір, наплавлення, і наступне механічне оброблення
<i>Гільза циліндра 14-0102 (рис. 5.6, б)</i>						
Механічні навантаження	Спеціальний чавун, 5,3 кг	Корозійно-механічне, молекулярно-механічне	Молекулярне схоплювання, перенесення матеріалу, руйнування виникаючих зв'язків, виривання часток і утворення продуктів хімічної взаємодії металу з агресивними елементами середовища	<i>I</i> – 0,7; 2 – 0,23; 3 – 0,5	Задирання, риски, зношування, овальність, конусність внутрішньої поверхні гільзи циліндрів, корозія, тріщини зовнішньої поверхні гільз	Пористе хромування, фосфатування, запрессовування сталеві стрічки, оброблення під ремонтний розмір

Характер роботи	Матеріал, маса	Вид зношування	Явища, що характеризують певний вид зношування	Максимальне зношування в місці, позначеному на рис. 5.6 – 5.8, мм	Види дефектів в експлуатації	Існуючі способи відновлення основних дефектів
<i>Блок-картер 14-0101-2А (рис. 5.6, в)</i>						
Тепловий і корозійний вплив газів, механічні навантаження від їх змінного тиску	СЧ18-36, 160 кг	Корозійно-механічне, молекулярно-механічне	Молекулярне schoплювання, перенесення матеріалу, руйнування винакаючих зв'язків, виривання часток і утворення продуктів	I – пошкодження різьби; 2 – 0,18; 3 – 0,16; 4 – 0,05; 5 – 0,09; 6 – 0,03; 7 – 0,22; 8 – 0,17; 9 – 0,17; 10 – 0,05; 11 – 0,22; 12 – 0,02	Ушкодження різьби шпильок, отворів, втулки, зношування торцевої поверхні гнізда. Під верхнім буртом гільзи циліндра: зношування поверхні отворів під шийки розподільного вала, жолоблення, зсування опор під вкладки корінних підшипників, зношування поверхні під втулки й поршень	Зварювання, постановка латок, металізація, додаткові деталі
<i>Палець поршневий СМД-9-0306-1 (рис. 5.6, г)</i>						
Тертя при високих питомих тисках і навантаженнях за наявності абразиву	Сталь 12ХНЗА, 0,7 кг	Абразивне, окисне, порушення втомної міцності	Вплив на матеріал поверхневого шару за наявності між поверхнями тертьових деталей твердих сторонніх часток, окислювання поверхневих шарів матеріалу при взаємодії із середовищем і руйнування окремих мікрооб'єктів	I – 0,06; 2 – 0,03	Зношування поверхні під втулку верхньої головки шатуна й поверхні під поршень	Хромування, шліфування, роздавання з наступним механічним обробленням, загартуванням

Характер роботи	Матеріал, маса	Вид зношування	Явища, що характеризують певний вид зношування	Максимальне зношування в місці, позначеному на рис. 5.6 – 5.8, мм	Види дефектів в експлуатації	Існуючі способи відновлення основних дефектів
<i>Головка циліндрів 14-06С2-2Б (рис. 5.6, д)</i>						
Механічні навантаження від змінного тиску газів, корозійний вплив газів та охолоджувальної рідини	СЧМ-40, 46,38 кг	Корозійно-механічне, молекулярно-механічне	Молекулярне схоплювання, перенесення матеріалу, руйнування виникаючих зв'язків, виривання часток і утворення продуктів хімічної взаємодії металу з агресивними елементами середовища	1 – пошкодження різьби шпильок і отворів; 2 – 1,35; 3 – 0,01; 4 – 0,05; 5 – 0,09; 6 – 0,02; 7 – 0,1	Тріщини, злами, пробоїни, пошкодження різьби шпильок, отворів, зношування клапанних гнізд, раковини, жолоблення поверхні прилягання до блоку, зношування поверхні отворів під напрямні втулки клапанів, зношування внутрішніх поверхонь напрямних клапанів	Зварювання, заливання епоксидними смолами
<i>Кришка муфти зчеплення 14-2101 (рис. 5.7, а)</i>						
Механічні навантаження	Сплав алюмінію АЛ-5	Корозійно-механічне, молекулярно-механічне	Молекулярне схоплювання, перенесення матеріалу, руйнування виникаючих зв'язків, виривання часток і утворення продуктів хімічної взаємодії металу з агресивними елементами середовища	1 – пошкодження різьблення; 2 – 0,28; 3 – 0,19; 4 – 0,07; 5 – 0,19	Тріщини, злами, пошкодження різьби шпильок, отворів, зношування поверхні отворів під корпус підшипника	Зварювання, заливання тріщини, металізація отворів

Характер роботи	Матеріал, маса	Вид зношування	Явища, що характеризують певний вид зношування	Максимальне зношування в місці, позначеному на рис. 5.6 – 5.8, мм	Види дефектів в експлуатації	Існуючі способи відновлення основних дефектів
<i>Корпус водяного насоса 14-1301 (рис. 5.7, б)</i>						
Механічні навантаження	СЧ15-32, 3,73 кг	Корозійно-механічне, молекулярно-механічне	Молекулярне схоплювання, перенесення матеріалу, руйнування виникаючих зв'язків, виривання часток і утворення продуктів хімічної взаємодії металу з агресивними елементами середовища	1 – 1,0; 2 – 0,03; 3 – 0,05; 4 – 0,05; 5 – 0,8; 6 – 0,05	Тріщини, злами, зношування торцевої поверхні під опорну втулку, зношування поверхні отвору під шарикопідшипники торцевої поверхні корпусу, з'єднаної з крильчаткою	Зварювання, заправка, застосування епоксидної смоли, розточування, запрессовування втулок, розгортання їх до номінальних розмірів
<i>Вал зчеплення 14-2103А (рис. 5.7, в)</i>						
Динамічне навантаження	Сталь 45, 4,10 кг	Молекулярно-механічне	Молекулярне схоплювання, перенесення матеріалу, руйнування виникаючих зв'язків, виривання часток	1 – пошкодження різьблення; 2 – 0,75; 3 – 0,02; 4 – 0,75; 5 – 0,15; 6 – 0,06	Пошкодження різьби, зношування поверхні шийки під сальник, зношування поверхні отвору під шарикопідшипник і зношування шліців по товщині	Наплавлення з наступним механічним обробленням

Характер роботи	Матеріал, маса	Вид зношування	Явища, що характеризують певний вид зношування	Максимальне зношування в місці, позначеному на рис. 5.6 –5.8, мм	Види дефектів в експлуатації	Існуючі способи відновлення основних дефектів
<i>Клапан впускний 14-0604 (рис. 5.7, з)</i>						
Динамічні навантаження від змінного тиску газу	Сталь 4Х10С2М, 0,218 кг	Окисне, порушення втомної міцності	Окислювання поверхневих шарів металу киснем повітря, руйнування окремих мікрооб'єктів поверхневого шару з відділенням матеріалу	1 – раковини, 2 – 1,45; 3 – 0,12	Раковини й риски на робочій поверхні тарілки клапана, зношування цієї поверхні стрижня клапана, деформація	Запкання порошків, шліфування фаски, роздвоєння тарілки клапана, наплавлення хромистої сталі, термомоброблення
<i>Вал розподільний 14-0501-01 (рис. 5.7, д)</i>						
Вигинання і кручення	Сталь 45, 6,5кг	Корозійно-механічне, молекулярно-механічне	Молекулярне схоплювання, перенесення матеріалу, руйнування окремих мікроаронів поверхневого шару з відділенням матеріалу	1 – 0,4; 2 – 2,0; 3 – 0,2; 4 – 0,2; 5 – 0,09	Пошкодження різьби, отворів, зношування впускних і випускних кулачків, вигинання вала	Шліфування опорних шийок і кулачків під ремонтний розмір, хромування їх з наступним шліфуванням, металізація з наступним обточуванням і шліфуванням, наплавлення кулачків сормайтів, електронаплавлення шийки під розподільну шестірню

Характер роботи	Матеріал, маса	Вид зношування	Явища, що характеризують певний вид зношування	Максимальне зношування в місці, позначеному на рис. 5.6–5.8, мм	Види дефектів в експлуатації	Існуючі способи відновлення основних дефектів
<i>Корпус коробки передач 50-1701025 (рис. 5.7, е)</i>						
Динамічні навантаження	Ст18-36, 70 кг	Корозійно-механічне, молекулярно-механічне	Молекулярне схоплювання, перенесення матеріалу, руйнування виникаючих зв'язків, виривання часток і утворення продуктів хімічної взаємодії металів з агресивними елементами середовища	l – пошкодження різьби: 2 – 0,08; 3 – 0,06; 4 – 0,05; 5 – 0,09; 6 – 0,07; 7 – 0,1; 8 – 0,07; 9 – 0,08	Тріщини й злами, пошкодження різьби, зношування поверхонь отворів під гніздо підшипника, зношування проміжних, первинних, вторинного валів, поверхонь отворів під ролико- і шарикопідшипники	Зварювання, заплатавання
<i>Ланка зусилля 77.34001 (рис. 5.8, а)</i>						
Контактні навантаження, тертя катання із прослизанням об бігову дошку й бічні поверхні	Сталь Г13Л, 9,5 кг	Абразивне	Зношування при переміщенні деталей в абразивній масі	l – 3,0; 2 – 8,0; в 3 – 10,0	Тріщини, злами, зношування внутрішньої поверхні під пальцев, зовнішньої поверхні цівок у місцях зачеплення із зірочкою, бігових доріжок під опорні котки	Наплавлення, заливання рідким металом, пластична деформація

Характер роботи	Матеріал, маса	Вид зношування	Явища, що характеризують певний вид зношування	Максимальне зношування в місці, позначеному на рис. 5.6—5.8, мм	Види дефектів в експлуатації	Існуючі способи відновлення основних дефектів
<i>Колесо првідне 77.39.132 (рис. 5.8, б)</i>						
Вигинання зубців, деформація	Сталь 45, 55,6 кг	Молекулярно-механічне, абразивне	Зношування в результаті механічної дії твердих часток, молекулярне схоплювання, перенесення матеріалу, руйнування виникаючих зв'язків, виривання часток з матеріалу деталей	$l - 0,15; 2 - 16,0$	Тріщини, злами, зношування поверхні під вал ведучого колеса, зношування поверхні зубців	Заливання розплавленим металом, наплавлення порошковим дробом, обрізання вінця й приварювання зубців
<i>Вал ведучий 77.41.325 (рис. 5.8, в)</i>						
Вигинання і кручення	Сталь 40Х	Молекулярно-механічне	Молекулярне схоплювання, перенесення матеріалу, руйнування виникаючих зв'язків часток	$l -$ пошкодження різьби; $3 - 0,3; 3 - 0,3$	Пошкодження різьби, зношування шліців по товщині	Наплавлення, механічне й термічне оброблення
<i>Балансир зовнішній 77.31.1011 (рис. 5.8, г)</i>						
Вібрація, контактні навантаження	Сталь 45Л 28, 6 кг	Абразивне	Вплив на матеріал поверхнього шару за наявності між поверхнями тертьових деталей твердих сторонніх часток	$l -$ пошкодження різьби; $2 - 0,07; 3 - 0,08$	Тріщини, злами, пошкодження різьби отвору під роликопідшипник 7909М, втулки, внутрішньої поверхні малої й великої втулок	Приварювання нових вушок, установлення втулок ремонтного розміру, зварювання

Характер роботи	Матеріал, маса	Вид зношування	Явища, що характеризують левний вид зношування	Максимальне зношування в місці, позначеному на рис. 5.6–5.8, мм	Види дефектів в експлуатації	Існуючі способи відновлення основних дефектів
<i>Коток опорний 54.31021A (рис. 5.8, д)</i>						
Контактні навантаження, тертя ковтання із прокувуванням бігової дошки й бічних поверхонь об ланки	Сталь 45, 13,30 кг	Абразивне	Зношування при переміщенні деталей в абразивній масі	1 – вм'ятини ко-впака; 2 – 4,0; 3 – 1,7; 4 – 0,9	Тріщини, злами, вм'янення ко-впака, зношування ободу котка, зношування шпонково-го паза по ширині, зношування поверхні отвору під вісь котка	Наплавлення ободу різними методами, установка бандажа, заливання рідким металом, електророзлакове наплавлення
<i>Вісь котка 54.31.402 (рис. 5.8, е)</i>						
Вигинання і крутіння, тертя ковтання	Сталь 40, 3, 72 кг	Абразивне	Зношування при переміщенні деталей в абразивній масі	1 – пошкодження різьби; 2 – 0,04; 3 – 1,06; 4 – 0,03	Пошкодження різьби, зношування шийок під роликопідшипник, зношування шпонкових пазів по ширині	Наплавлення
<i>Шестиря</i>						
Контактні навантаження	Сталь 18ХГТ	Молекулярно-механічне	Вплив на матеріал поверхневого шару. Перенесення матеріалу	Зношування торців зубів у зоні ділльної окружності понад 1,5 мм	Зношування торців зубів	Наплавлення з наступним електрорізним обробленням, пластична деформація
<i>Маточина ведучого колеса 04.39.116 (рис. 5.8, є)</i>						
Контактні навантаження	СЧ15-32	Абразивне, порушення втомної міцності	Зношування при переміщенні деталей в абразивному середовищі, втомні руйнування	1 – тріщини; 2 – 0,3; 3 – 0,1; 4 – 0,6; 5 – 0,5	Злами, тріщини, зношування під ведуче колесо й ведену шестирню, зношування поверхні під роликопідшипники, болти в шпилька	Наплавлення

Через неправильне зберігання техніки відбуваються передчасне зношування й вихід з ладу окремих вузлів і механізмів. Це потребує додаткових засобів на їхнє відновлення й значно збільшує витрати на проведення капітального й поточного ремонтів.

Незадовільне зберігання техніки знижує її технічну готовність і продуктивність, призводить до фізичних втрат металу. Тому необхідне удосконалювати показники зберігання сільськогосподарської техніки.

Відомостей про наявність типових капітальних і пристосованих приміщень для зберігання техніки, а також машинних дворів, про чисельність і площу гаражів, сараїв, навісів і площадок немає. Не вказується балансова вартість приміщень і площадок. Поточні витрати на зберігання сільськогосподарської техніки враховуються в загальних витратах на поточний ремонт і технічне обслуговування машинно-тракторного парку. Відсутність обліку даних про кількість гаражів, сараїв і навісів утруднює аналіз.

Для характеристики стану зберігання техніки доцільно використати деякі додаткові показники, зокрема дані про наявність окремих гаражів, сараїв, навісів, площадок з поділом на типові й пристосовані та оцінки їх за балансовою вартістю. Ураховувати їх потрібно в складі основних фондів загального призначення.

Поряд з витратами на капітальний і поточний ремонт основних фондів бажано також виділити кошти на зберігання тракторів, комбайнів, інших сільськогосподарських машин, знарядь і автомобілів.

Щоб повніше вивчити умови зберігання техніки, слід залучити ряд нормативних показників зберігання. Потрібна також методика розрахунку забезпеченості господарств засобами для зберігання сільськогосподарської техніки.

Для визначення нормативного показника забезпеченості машинно-тракторного парку засобами зберігання, зіставлення їх з наявною технікою доцільно використовувати показник умовного машино-місця як засобу зберігання й для сільськогосподарської техніки. Умовне машино-місце – це площа, необхідна для зберігання умовної одиниці машинно-тракторного парку. За умовне машино-місце можна прийняти площу, яку займає 75-сильний трактор марки ДТ-75, що дорівнює 7,78 (8,0) м². Коефіцієнти переведення сільськогосподарської техніки в умовні машино-місця (табл. 5.2) визначають як часткова від ділення габаритної площі конкретної машини на габаритну площу трактора ДТ-75 [35]:

Коефіцієнти переведення машин в умовне машино-місце

Марка машини	Габарити, м ²	Коефіцієнти переведення машин в умовне машино-місце, $K_{ум}$
<i>Трактори</i>		
ДТ-75	7,8...8	1
Т-74	8	1
ДТ-54А	7,7...8	1
МТЗ	7,8...8	1
Т-28	7,25	0,91
Т-25	3,29	0,49
К-700	18,3	2,30
Т-150	8,7	1,10
<i>Комбайни</i>		
СК-4 (зернові)	46	5,80
СК-5, СК-6 (зернові)	53,0	6,00
СК-2, 6А (силосозбиральні)	22,6	2,38
КС- 1,8 (силосозбиральні)	24,0	3,00
К-3 (картоплезбиральні)	27,4	3,45
ККУ-2	32,4	4,10
СКМ-2а (бурякозбиральні)	21,5	2,70
КС-3	25,5	3,20
<i>Інші сільськогосподарські машини</i>		
ОВВ-20 (зерноочисні)	32,6	4,08
СУБ-48, СУК-24 (зернові сівалки)	14,6	1,82
ПН-4,35 (плуги)	5,5	0,69
КРН-4,2 (культиватори)	7,62	0,81
1-ПТС-3 (причепи)	8,00	1,00
РПТМ-2 (розкидачі гною)	9,25	1,16
СЗПБ-2 (зерносушарки)	14,40	1,80
СНУ-0,5 (стогоклади)	19,6	2,46
СН-4Б (картоплесаджалки)	6,65	0,83
УБД-3 (гичкозбиральні машини)	16,60	2,00

$$K_{\text{ум}} = \frac{F}{F_c}, \quad (5.1)$$

де $K_{\text{ум}}$ – коефіцієнт переведення в умовне машино-місце; F_c – габарит трактора ДТ-75 (м^2); F – габарит сільськогосподарської машини (м^2).

Аналогічно переводять в умовні машино-місця площу для зберігання (відношення виробничої площі до габаритної площі трактора ДТ-75).

Забезпечення виробничою площею для зберігання сільськогосподарської техніки можна визначити за формулою

$$O_{\text{п.з}} = \frac{Y_{\text{мп}}}{Y_{\text{мт}}} K_{\text{п.з}} \cdot 100, \quad (5.2)$$

де $O_{\text{п.з}}$ – забезпеченість площею зберігання, %; $Y_{\text{мп}}$ – виробнича площа для зберігання техніки (умовних машино-місць); $Y_{\text{мт}}$ – наявність техніки (умовних машино-місць); $K_{\text{п.з}}$ – коефіцієнт використання площі зберігання.

За формулою (5.2) розраховують забезпеченість площею для зберігання певного виду машин і всього машинно-тракторного парку.

Потребу в площі для зберігання певної групи машин і всього машинно-тракторного парку визначають за формулою

$$F = \frac{1}{K_{\text{п.з}}} F_c \sum (K_{\text{ум}_i} N_i), \quad (5.3)$$

де N_i – наявність машин i -тої марки, шт.

Забезпеченість господарства засобами зберігання можна представити як відношення виробничої площі для зберігання техніки, наявної в господарстві, до виробничої площі, необхідної для зберігання:

$$O_{\text{п.з}} = \frac{F_{\text{ф.п.з}}}{Y_{\text{мт}} F_c} K_{\text{п.з}} \cdot 100, \quad (5.4)$$

де $F_{\text{ф.п.з}}$ – фактична площа зберігання.

Необхідні для розрахунку дані беруть із технічних паспортів тракторів і машин, довідника-каталогу сільськогосподарської техніки, документів бухгалтерського обліку та ін. У звітність можна ввести також і показник

наявності засобів зберігання сільськогосподарської техніки в умовних машино-місцях.

Викладена методика перерахування виробничих площ для зберігання сільськогосподарської техніки в умовні машино-місця поряд з додатковими звітними даними допоможе глибше аналізувати зберігання техніки, краще організувати експлуатацію машинно-тракторного парку, а отже, підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва.

5.5. Види і способи зберігання машин

Основні вимоги до зберігання тракторів та іншої сільськогосподарської техніки визначено ГОСТ 7751-71 ("Техніка, використовувана в сільському господарстві. Правила зберігання"). Правила зберігання зобов'язані знати й суворо дотримувати керівники, фахівці й механізатори господарств та інших сільськогосподарських підприємств і організацій.

Правильне зберігання тракторів забезпечує їхню збереженість у неробочий період, запобігає руйнуванню й пошкодженню їх протягом періоду експлуатації, сприяє скороченню витрат на технічне обслуговування й ремонт. При неправильному зберіганні їхнє природне зношування відбувається інтенсивніше. Численні факти й спостереження показують, що зношування вузлів і деталей непрацюючих машин можуть досягати аварійних величин [33, 39].

У період, коли трактори не працюють, вони перебувають під відкритим небом, піддаючись впливу атмосферних руйнуючих факторів – опадів у вигляді дощу, роси, вологого повітря й мокрого снігу, перепадів температур, сонячної радіації у вигляді інфрачервоних (теплових) і особливо небезпечних і руйнівних для багатьох матеріалів ультрафіолетових променів, сильних вітрів і снігопадів.

Якщо під впливом навколишньої атмосфери металеві поверхні вузлів і деталей машин піддаються корозії, то деталі й вузли, виготовлені з гумотекстилю й полімерних матеріалів, старіють. Внаслідок корозії багато корисних властивостей металів втрачаються, зменшуються їхні міцність і пластичність. При цьому через відмову одного вузла або деталі виходить із ладу весь агрегат або машина. Властивості поверхні деталей при корозії погіршуються, різко зростає тертя між рухомими деталями у вузлах і з'єднаннях машин. Як установлено дослідженнями, зношування сталевих

деталей внаслідок корозії в півтора-два рази інтенсивніше, а межа втомної міцності знижується на 20...40 %. Вплив сонячної радіації, особливо ультрафіолетових променів і різких температурних коливань, спричинює явище самовулканізації в деталях, виготовлених з гуми. Гума втрачає еластичність і розтріскується. Несприятливо впливають на гуму паливомастильні матеріали – вони її розчиняють. Саме цим пояснюється швидкий вихід з ладу непідготовлених до зберігання гумових шлангів, гумових шин, ременів та інших гумових деталей.

Зберігання машин допускає комплекс організаційно-технологічних заходів, що забезпечують захист машин, їхніх агрегатів, вузлів і деталей від корозії, старіння, деформацій та інших руйнувань, а також від розукомплектовування й пошкоджень у період, коли машини не працюють.

Заходи зі зберігання тракторів є складовою частиною діючої планово-попереджувальної системи технічного обслуговування машинно-тракторного парку. Роль і значимість забезпечення збереженості тракторів у неробочий період з кожним роком зростає, оскільки з кожним роком у сільське господарство надходить складніша, а отже, й більш продуктивна й дорога техніка.

До організаційних заходів щодо забезпечення збереженості сільськогосподарської техніки належать:

- забезпечення й оснащення місць зберігання тракторів (машин), вузлів і деталей;
- оплата й організація праці при зберіганні техніки;
- облік і відповідальність за техніку, що зберігається;
- техніка безпеки й протипожежний захист.

Технологічні заходи щодо зберігання включають:

- очищення й миття машин;
- установку машин на підставки у відведеному для їхнього зберігання місці;
- знімання вузлів і деталей, що підлягають зберіганню на складі;
- нанесення захисних покриттів на поверхню машин, вузлів і деталей;
- герметизацію отворів порожнин і корпусів машин для виключення проникнення в них вологи й пилу;
- обслуговування машин, вузлів і деталей у період зберігання;
- знімання машини, вузла, деталі зі зберігання.

Залежно від тривалості розрізняють два види зберігання: короткочасне й тривале. На *короткочасне зберігання* трактори й інші сільськогоспо-

дарські машини встановлюють у випадку, якщо тривалість їхнього неробочого періоду становить від 10 днів до двох місяців, а на *тривалі* – якщо період зберігання машин більший ніж два місяці. До короткочасного зберігання трактори готують безпосередньо після закінчення їхнього використання в роботі, а до тривалого – не пізніше, ніж за 10 днів після завершення робіт [43, 47].

Виходячи з умов і наявних можливостей, розрізняють три основних способи зберігання тракторів: закритий, відкритий і комбінований. При *закритому способі* зберігання трактори розміщують у закритих приміщеннях (сараях, гаражах, складах або пристосованих для цієї мети спорудах). Там трактори надійно захищені від атмосферного впливу, сонячної радіації, додаткових навантажень і розукомплектовування.

Відкритий спосіб застосовують для короткочасного зберігання. При цьому трактори розміщують у спеціально відведених місцях на площадках із твердим покриттям. У цих умовах особливо ретельно закривають усі порожнини та ємності вузлів і агрегатів, захищаючи їх від атмосферних опадів, гумові вироби – від сонячної радіації, розвантажують колеса й пружні елементи системи підвіски, захищають непофарбовані деталі від корозії.

В умовах сільськогосподарського виробництва найбільше поширення під час тривалого зберігання одержав *комбінований спосіб*, при якому трактори, що пройшли миття, консервацію, герметизацію й установку на спеціальні підставки, зберігають на площадках із твердим покриттям, а найбільш складні й дорогі деталі, вузли й агрегати, що піддаються швидкому руйнуванню в умовах відкритої атмосфери, знімають і після відповідної підготовки зберігають на складі.

Під час короткочасного зберігання трактори встановлюють, зазвичай, укомплектовані, без зняття з них агрегатів, вузлів і деталей.

Зберігатися машини можуть у власника техніки, на майданчиках підприємства й центральній садибі господарства, а також на сервісному підприємстві в період очікування ремонту або після його закінчення.

Перед тим як поставити трактори на зберігання, проводять чергове ТО. Паливну систему трактора повністю заповнюють паливом. У холодний час із системи охолодження видаляють воду. При установленні на зберігання колісних тракторів терміном до 10 днів необхідно підвищити тиск у шинах на 10...20 % проти нормального, а понад 10 днів – установити трактор на підставки й понизити тиск у шинах до 70...80 % від нормального.

При установленні трактора на підставки між шинами й опорною поверхнею повинен бути просвіт не менше ніж 80...100 мм, а шини мають бути покриті захисною обмазкою. Усі отвори й щілини, через які атмосферні опади й пил можуть потрапити всередину агрегатів і вузлів, ретельно закривають кришками, пробками, заглушками, чохлами або іншими пристосуваннями. Штоки гідроциліндрів навісної системи повинні перебувати усередині циліндрів, їхні виступаючі робочі поверхні – покриті захисним змащенням.

Установлені на короткочасне зберігання трактори знімають із зберігання в такій послідовності: тиск у шинах доводять до нормального, знімають із підставок, за необхідності видаляють із поверхонь захисне змащення, знімають герметизувальні вироби й проводять зовнішній огляд, після чого доставляють до місця ремонту або включають у роботу. Підставки, що звільнилися після знімання трактора, і герметизувальні кришки й заглушки очищають і здають на склад.

Трактори, що не потребують ремонту і які установлюються на тривале зберігання, підготовлюють так. Після очищення й миття проводять технічну діагностику, де одночасно з перевіркою технічного стану консервують внутрішні поверхні двигуна, вузлів трансмісії, ходової частини, гідросистеми й паливної апаратури. З цією метою оливу, що розігрілася під час роботи вузлів, зливають у спеціальні чисті ємності (кількість ємностей повинна відповідати кількості сортів олив, використовуваних у вузлах трактора), після чого в цій оливці розчиняють інгібовану присадку АКOP-1 або КП, внаслідок чого робоча олива перетворюється на робочо-консерваційну. Масляний фільтр грубого очищення розбирають, промивають і продувають стисненим повітрям. Центрифугу розбирають, шкребком видаляють відкладення з ротора й ретельно промивають деталі ротора, прочищають отвори форсунок. Потім збирають центрифугу, установлюють фільтр на місце й заповнюють систему змащення робочо-консерваційною оливою.

Для консервації дизельної паливної апаратури до дизельного палива також додають присадки АКOP-1 або КП. Під час консервації пускового двигуна бензин з паливного бака зливають, а замість нього заливають суміш, яка складається з бензину й присадки АКOP-1. З піддона картера маховика зливають оливу і заливають у нього й у регулятор пускового двигуна робочо-консерваційну оливу.

Очищувачі повітря тракторних двигунів також підготовлюють до зберігання. Для цього їх знімають, очищують, промивають, збирають і встановлюють на двигуни. Очищувач повітря трактора К-700 (К-701) має певні конструктивні особливості, тому й підготовка його до зберігання трохи відрізняється. Після того, як знято кришки другого ступеня повітроочисника, з касет витягають фільтруючі елементи й обдувають їх стисненим повітрям (при цьому струмінь повітря потрібно направляти під кутом до поверхні, щоб не пошкодити елементи). Ретельно очищують внутрішню поверхню касет за допомогою дрантя, змоченого в бензині, обдувають стисненим повітрям до повного видалення вологи, після чого збирають фільтр і встановлюють його на місце, забезпечуючи щільне прилягання кришок і патрубків.

Після заміни в усіх порожнинах трактора робочих олив на робочо-консерваційні, коли очищені й промиті фільтри встановлено на місця, трактор запускають і працюють на ньому протягом 10 хв. У цей час його уважно прослуховують і оглядають для виявлення патьоків і нещільностей кріплень, які повинні бути негайно усунуті. Потім трактор доставляють на місце зберігання, втягують усередину штоки циліндрів гідросистеми й зупиняють двигун.

Ремені приводу вентилятора, генератора й компресора знімають, очищують від слідів корозії й фарбують робочі поверхні шківів. Після висихання фарби на шківах ремені встановлюють на місце без натягу. Дюритові шланги й з'єднання оглядають, протирають дрантям, змоченим у мильній воді, і насухо витирають. Ослаблені хомути дюритових шлангів підтягують і фарбують, а виступаючі різьбові частини стяжних болтів змащують. При виявленні пошкоджень дюритові шланги замінюють і потім фарбують алюмінієвою фарбою. На всі металеві поверхні, що не мають лакофарбового покриття, наносять захисне змащення, щільно закривають дверцята кабіни, попередньо закривши отвори вентиляції її з нанесенням на щиток приладів захисного змащення. Скло кабіни обклеюють папером.

Колісні трактори встановлюють на спеціальні підставки, а тиск у шинах знижують до 70 % нормального. Якщо при підготовці до зберігання колісних тракторів виявлено пошкодження шин, їх попередньо ремонтують і тільки після цього продовжують установлювати трактор на зберігання. Шини фарбують спеціальним складом. Гусеничні трактори на тривале зберігання встановлюють на спеціальних підкладках під гусениці. Харак-

теристику опор, застосовуваних для основних марок тракторів, наведено в табл. 5.3.

При тривалому зберіганні періодично перевіряють стан тракторів на стійкість, комплектність, надійність обклеювань і заглушок, антикорозійних покриттів. Усі виявлені дефекти негайно усувають.

Таблиця 5.3

Опори, що застосовуються для постановки тракторів на зберігання

Марка трактора	Застосовувані опори						Форма опорної поверхні
	Тип опори	Місце установки	Кількість	Навантаження на одну опору, кг	Розміри, мм		
					Висота	Ширина	
<i>Трактори гусеничні</i>							
Т-100	Підкладка	Гусениці	2	5700	200-250	500	Плоска
Т-4	Підкладка	Гусениці	2	3700	200-250	500	Плоска
Т-150	Підкладка	Гусениці	2	3500	200-250	500	Плоска
Т-74	Підкладка	Гусениці	2	2800	200-250	500	Плоска
ДТ-75	Підкладка	Гусениці	2	2850	200-250	500	Плоска
Т-70С	Підкладка	Гусениці	2	2150	200-250	500	Плоска
Т-54В	Підкладка	Гусениці	2	2000	200-250	500	Плоска
<i>Трактори колісні</i>							
К-700/701	Підставка	Рама. Шарнір кронштейна, підвіски	2	3000	1100	500	Лоток
			2	3000	520	500	Лоток
Т-150К	Підставка	Рама	2	2100	900-1100	500	Лоток
МТЗ-50 МТЗ-80 ЮМЗ	Підставка	Передній міст	2	425	690	250	Лоток
	Підставка	Задній міст	2	900	730	300	Лоток
Т-40	Підставка	Передній міст	2	400	690	250	Лоток
		Задній міст	2	720	730	300	
Т-25	Підставка	Передній міст	2	270	600	200	Лоток
		Задній міст	2	480	700	250	
<i>Самохідні шасі</i>							
Т-16	Підставка	Передній міст	2	220	600	200	Лоток
		Задній міст	2	385	700	250	
СШ-75	Підставка	Передній міст	2	1000	650	400	Лоток
		Задній міст	2	850	450	300	

5.6. Матеріали та обладнання для консервування машин

Консервація машин передбачає захист внутрішніх і зовнішніх поверхонь деталей від псування: металевих – від корозії, дерев'яних і тканинних – від гниття, гумових – від старіння під дією температури й сонячних променів. Незахищені зовнішні поверхні машин покривають захисним мастилом. Місця з пошкодженим фарбуванням фарбують або покривають захисним мастилом. Рівномірний, щільний і добре утримуваний металом шар захисного мастила товщиною 0,1...0,5 мм забезпечує надійний захист поверхонь від корозії протягом року. Покриття спеціальним складом гумових і гумотекстильних виробів (шин, пасів, шлангів) охороняє їх від дії сонячних променів. У закритих приміщеннях для зберігання деталей і вузлів можна застосовувати поліетиленову плівку.

Матеріали, що рекомендують ГОСТ 7751-2009 для консервації машин, наведено в табл. 5.4. При знятті з тривалого зберігання трактор знімають із підставок, а в шинах колісних тракторів попередньо доводять тиск повітря до нормального. Потім очищують місця, що були покриті захисним мастилом, установлюють вузли, які перебували на складському зберіганні, деталі перевіряють на правильність регулювання і запускають двигун. Щоб переконатись у нормальній роботі двигуна, працюють на холостому ходу протягом 3...5 хв. на кожній передачі, починаючи з нижчої. Помічені недоліки усувають, повністю заправляють усі робочі ємності й включають трактор у роботу.

Для підфарбовування зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей тракторів і сільськогосподарських машин, що піддаються атмосферному впливу, рекомендуються такі лакофарбові матеріали: грунти для чорних металів, грунти для алюмінію й сплавів, емалі різних кольорів, пентафталевий лак з алюмінієвою пудрою.

З металевих поверхонь продукти корозії видаляють хімічним способом. Сутність його полягає в тому, що поверхню оброблюють водним розчином кислот або спеціальних паст, що містять кислоти. Під дією кислоти продукти корозії розкладаються. Щоб уникнути псування основного металу, до сумішей додають антикорозійні присадки.

Для уповільнення процесу окислювання металу в хімічні склади додають фосфорну кислоту або хромпик натрію. Щоб зняти стару пошкоджену фарбу, рекомендується використовувати спеціальну змивку. Видаляти стару фарбу, іржу, а також масляно-жирові забруднення з поверхонь

Мастила та матеріали, які застосовують під час підготовки тракторів і сільськогосподарських машин до зберігання

Матеріали	Призначення	Рекомендований спосіб нанесення
<i>1. Мастила, суміші, інгібітори корозії</i>		
Масило ПВК за ГОСТ 193710-83	Для консервації зовнішніх металевих поверхонь тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин, їхніх вузлів, агрегатів і деталей при зберіганні на відкритих площадках до 12 місяців	Застосовується в чистому вигляді або в суміші з збездвоєною відпрацьованою дизельною оливою у співвідношенні 1:1; 1:2; 1:3. Нагріту до 80 °С суміш наносять пензлем або пістолетом-розпилювачем
Масило консерваційне СХК за ГОСТ 11059-76	Те саме	Те саме
Бітум нафтовий будівельний за ГОСТ 6617-76 (марок IV і V)	Для консервації робочих органів, поверхонь обшивок сільськогосподарських машин зі зруйнованим пофарбуванням під час відкритого зберігання. Термін захисної дії при відкритому зберіганні 10 – 12 місяців, при закритому – понад один рік	Бітум розчиняють у бензині у співвідношенні 1:2 або 1:3 і наносять пензлем або пістолетом-розпилювачем
Масило консерваційне К-17 за ГОСТ 10877-76	Для консервації внутрішніх металевих поверхонь тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин, їхніх вузлів, агрегатів і деталей при зберіганні під навісом або в закритих приміщеннях понад один рік. Допускається під час консервації зовнішніх металевих поверхонь машин при зберіганні на відкритих площадках до двох місяців	Пістолетом-розпилювачем або пензлем
Масило консерваційне НГ-203 (марок А і Б) за ГОСТ 12328-77	Для консервації внутрішніх металевих поверхонь тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин, їхніх вузлів і деталей у закритих приміщеннях, під навісом при зберіганні до 12 місяців	Пістолетом-розпилювачем або пензлем
Солідол синтетичний за ГОСТ 4366-76	Для заповнення точок змащування та як консерваційне мастило металевих поверхонь. Термін захисту при відкритому зберіганні до трьох місяців, при закритому – до одного року	Пензлем або тампоном. Точки змащення заповнюють за допомогою шприца

Матеріали	Призначення	Рекомендований спосіб нанесення
Петролатум за ТУ 38.401166-90	Для консервації незахищених поверхонь деталей машин (поверхні лемешів, лоп культиваторів, сегментів, вкладишів пальців ріжучих апаратів, відвалів та ін.). Термін зберігання до – одного року	Наносять у нагрітому до 80...100°C стані зануренням, пензлем або дрантям
Присадка АКОР-1 за ТУ 38.401-580-328-2003	Для внутрішньої консервації двигунів, агрегатів трансмісії, редукторів різного призначення та інших механізмів. Термін захисної дії робочо-консерваційних мастил з 10 % присадки АКОР-1 становить понад один рік	Застосовується шляхом додавання 10 % присадки АКОР-1 до необхідної кількості товарної оливи, що заливається в той або інший агрегат. Суміш готують в окремій ємності. Необхідні присадки АКОР-1 додають до товарної оливи в нагрітому до 60 °C стані при інтенсивному перемішуванні до одержання однорідної суміші. Потім її заливають в агрегат, що підлягає внутрішній консервації, і дають йому попрацювати протягом 5 хв. Забороняється присадку АКОР-1 заливати безпосередньо в картери, баки й механізми, оскільки внаслідок високої в'язкості вона залишається на стінках заливних горловин і отворів
Папір інгібований (марок А, Б, В, НДА)	Для консервації окремих вузлів і деталей при зберіганні їх у закритих приміщеннях або упакованими в тару. Термін захисної дії становить більше одного року	Обгортання виробів в інгібований папір
<i>2. Світлозахисні суміші для гумотехнічних виробів</i>		
Суміш алюмінієвої пудри зі світлим масляним лаком або уайт-спіритом у співвідношенні 1:4 або 1:5	Для захисту від сонячного впливу пневматичних шин, шлангів гідросистем, приводних пасів та інших гумових виробів	Пістолетом-розпилювачем або пензлем

Матеріали	Призначення	Рекомендований спосіб нанесення
Крейд-казеїновий склад, що являє собою суміш, % за масою: 75 – крейда очищена; 20 – клей казеїновий; 4,5 – вапно гашене; 0,25 – сода кальцинована; 0,25 – фенол	Для захисту від сонячного впливу пневматичних шин, шлангів, гідросистем, приводних пасів та інших гумових виробів	Пензлем
<i>3. Матеріали, що застосовуються при консервації</i>		
Стрічка липка поліетиленова	Для заклеювання отворів, щілин (пробок баків, сапуна, щупа тощо)	
Чохли з брезенту або поліетиленової плівки	Застосовують для герметизації окремих агрегатів і вузлів	

можна звичайною паяльною лампою або ацетиленово-кисневим пальником. Іржу з поверхонь машин попередньо зчищають сталевією щіткою, змоченою в гасі або бензині, а потім випалюють полум'ям. Після випалювання іржа розпушується, окалина при цьому тріскається й легко видаляється сталевими щітками й протиральним дрантям. Видаливши іржу й окалину, знімають із поверхонь машин лакофарбові покриття. Потрібно стежити, щоб фарба не горіла, а тільки спучувалася. Після розм'якшення цього покриття поверхню очищують сталевією щіткою й протирають дрантям.

Лакофарбові матеріали наносять на попередньо підготовлені й завантажені поверхні рівномірним шаром без пропусків, патьоків і міхурів. Наявність цих дефектів призводить до ослаблення захисних властивостей покриття й погіршення зовнішнього вигляду. Наступний шар лакофарбових матеріалів наносять тільки після повного висихання попереднього шару. На відміну від лаків і фарб, другий і наступний шари емалі наносять по недосушеному ґрунту тонким шаром, що просвічується. Для захищення металу від корозії застосовують захисні покриття на основі нафтових масел і мастил. Ці покриття порівняно з фарбами й лаками мають ряд переваг. Вони значно дешевші, легко наносяться на поверхні й легко з них видаляються. Перед нанесенням покриття немає необхідності ретельно очищувати поверхню, як перед фарбуванням. Як захисне покриття застосовують густі

консистентні й рідкі мастила. До густих належить вазелін, солідол, мастила СХК і ПВК.

Технічний вазелін застосовують в основному для консервації запасних частин в разі складського зберігання. При відкритому зберіганні його застосовувати не можна, оскільки він не має антикорозійних присадок і погано утримується на поверхні (сповзає). Мастило консерваційне СХК має гарні захисні властивості, застосовується при консервації машин, що зберігаються на відкритих площадках. Однак воно дуже в'язке, його важко наносити й видаляти з поверхні.

Мастило ПВК аналогічне мастилу СХК, але менш в'язке, тому його застосовують більше. Солідол як захисне мастило при зберіганні машин застосовувати не рекомендується, оскільки він швидко сповзає й змивається атмосферними опадами.

Останнім часом для покривання робочих органів машин використовують розчин будівельного бітуму марок БН-4 і БН-5 у бензині, співвідношення їх 1 : 3 або 1 : 5. Добре роздроблений бітум засипають у ємність і заливають бензином, розмішують, закривають кришкою й залишають на 12...14 год. Після цього вміст ретельно розмішують і вливають у нього 0,5...1,0 кг оліфи. Підігрівати суміш на вогні суворо забороняється. Готовий розчин необхідно профільтрувати через сітчасту лійку й чотиришарову марлю. Він легко наноситься на поверхні за допомогою ранцевого обприскувача або інших механічних пристосувань. Бітумну суміш наносять на робочі органи сільськогосподарських машин: лемехи й відвали плугів, лапи культиваторів, диски сівалок і луцильників, металеві колеса машин, пальцеві бруси, барабани, металеві пластинчасті транспортери зернозбиральних, силосозбиральних і кукурудзозбиральних комбайнів та інші робочі органи, гусениці тракторів і т.д. Бітумна суміш захищає деталі від корозії протягом тривалого терміну.

На окремі вузли, агрегати й деталі машин, що втратили заводське пофарбування, за необхідності наносять бітумну олійну фарбу. Для приготування бітумної фарби в 5 л бензину розчиняють 1,5 кг олійної, готової до вживання фарби потрібних кольорів, додають 0,5 кг оліфи й, помішуючи, вливають у заздалегідь приготовлену суміш бітуму з бензином. Бітумну суміш і бітумну фарбу наносять тільки на очищені й сухі поверхні машин.

Нітроемалеві фарби для вживання з бітумною сумішшю непридатні. При влучанні дизельного палива в бітумну суміш вона стає непридатною

до вживання. Застосовувати бітумну олійну фарбу економічно вигідно, оскільки вона в три рази дешевша від звичайної.

Для запобігання металовиробів від корозії використовують також рідкі інгібовані мастила. Добавки інгібіторів до мастил збільшують їхню вологонепроникність. Мастила К-17, НГ-203Б, НГ-203В та інші застосовують для внутрішньої консервації двигунів, що зберігаються в закритих приміщеннях. Мастила НГ-203А и НГ-204 застосовують для зовнішньої консервації машин при зберіганні в умовах підвищеної вологості й на відкритих площадках.

Рідкі мастила за допомогою розпилювачів легко наносяться на поверхні машин і захищають їх від корозії протягом року. Як запобіжне мастило можна використовувати відпрацьоване дизельну оливу. Для готування суміші вистояну дизельну оливу змішують зі згущувачем ОМ. Для надання їй захисних властивостей застосовують добавки у вигляді присадок АКОР-1, ЦИАТИМ-339, ВНИИП-360 та ін.

Фарбування пошкоджених місць і запобіжне змащення незафарбованих деталей – дуже трудомістка операція. Тому на сервісних підприємствах мають бути спеціальні пости з підготовки техніки до зберігання, обладнані пристосуваннями для механічного нанесення фарби і покриттів. Для фарбування машин застосовують пересувні фарбувальні агрегати, які мають компресор, фарбонагнітальний бачок, пістолет-розпилювач або стаціонарні агрегати, які працюють від загальної повітряної мережі сервісного підприємства. У комплекті фарбувального агрегату застосовують пістолет-розпилювач, який працює як від наливного, так і фарбонагнітального бачка.

Рідкі захисні мастила, бітумну фарбу, бітумне покриття й алюмінієву фарбу наносять на поверхню деталей за допомогою спеціальних установок. Під час роботи таких установок стиснене повітря потрапляє в порожнину резервуара з фарбою або іншим розчином. Фарба, витиснута з резервуара під дією тиску, проходить через сітчастий фільтр і дозуючий пристрій та подається в змішувальну камеру. У цю саму камеру через отвір, що закривається голкою, надходить стиснене повітря. Повітря й рідина змішуються, утворюючи емульсію, яка надходить у пістолет-розпилювач.

Густі захисні мастила типу СХК, ПВК та інші перед уживанням розігрівають до рідкого стану й розбавляють розчинником. Для цього застосовують спеціальні установки, які мають ємність для змащення, пристрій для підігрівання й шланг із пістолетом-розпилювачем.

Для нанесення мастила на поверхню тракторів і сільськогосподарських машин застосовують навісні установки, які приводяться в дію від вала відбору потужності.

Технологічні операції з нанесення захисних мастил, фарб і бітумних покриттів також виконуються за допомогою спеціального устаткування, що входить до складу агрегатів технічного догляду АТУ. Найвже на агрегатах спеціальне пристосування для підігріву мастил і повітря, що йде на його розпилювання, дає можливість наносити на поверхні деталей покриття будь-якої густоти. Для підігрівання мастил і повітря, що йде на розпилювання, використовують вихлопні гази. Це дає змогу поліпшити якість шару, що наноситься, запобігти застиганню мастила й використовувати агрегат в умовах низьких температур.

5.7. Ефективність зберігання машин

При організації зберігання сільськогосподарської техніки на сервісних підприємствах можливі два випадки:

- потрібно розподілити машини в наявних закритих приміщеннях і на площадках;

- якщо таких площ немає, то слід визначити потребу в них (розміри) з урахуванням типів машин.

У першому випадку для обґрунтування першочерговості постановки машин на зберігання в закритому приміщенні (наприклад, у гаражі) можна використати відому залежність між вартістю машин та її габаритами. Зокрема, чим дорожча машина, тим у кращих умовах вона повинна зберігатися (в гаражі), а чим більші її габарити, тим більшу площу вона займає, а отже, потрібні й більші капіталовкладення. Тому її слід зберігати в таких умовах, для створення яких потрібно менше вкладень, наприклад, на майданчику. Цю залежність можна виразити математичною формулою

$$K_n = \frac{C_m}{F} \tau_c, \quad (5.5)$$

де K_n – коефіцієнт переваги (питома вартість), грн./м²; C_m – балансова вартість машини, грн.; F – площа, яка займана машиною, м²; τ_c – коефіцієнт використання терміну служби машини.

Коефіцієнт переваги (K_n) характеризує вартість машини в розрахунку на 1 м^2 її площі з урахуванням терміну служби. Він дає змогу з деяким наближенням установити послідовність постановки машин на зберігання в закритому приміщенні. Значення коефіцієнта переваги для окремих груп сільськогосподарських машин наведено в табл. 5.5.

Найбільший коефіцієнт переваги виявляється в деталях, які знімають на зберігання, і вузлів. При цьому чітко простежується обернено пропорційна залежність між величиною K_n і капітальними витратами на зберігання машин, тобто чим більша частка вартості машини припадає на 1 м^2 її площі, тим менші капіталовкладення, потрібні на її зберігання в розрахунку на 1 грн. вартості. Вузлі і деталі, що знімаються і дають можливість добре використовувати площу й значну частину обсягу складських приміщень, безумовно, вигідно зберігати в гарних закритих приміщеннях. Відносні витрати на побудову закритих складів порівняно з вартістю збережених деталей невисокі – менші ніж 10 %.

Таблиця 5.5

Коефіцієнт переваги для окремих машин

Показники	Групи машин (деталей)							Інші
	Деталі й вузли	Трактори ДТ-75, МТЗ, Т-20	Автомобілі ЗИЛ-130, ГАЗ-53	Комбайни			ОС-4,5 КСП-15	
				СК-4	КС-2,6	ККУ-2		
Коефіцієнт переваги, грн./ м^2	400	300	147	82	39	100	90	23
Капіталовкладення, % до вартості машини	7,7	13	26	47	70	29	43	167

Далі за ступенем переваги йдуть трактори, автомобілі, складні зерноочисні машини, картопле- та зернозбиральні комбайни, інші сільськогосподарські машини. Трактори й автомобілі мають високу питому вартість (коефіцієнт переваги дорівнює відповідно 300 і 147), однак коефіцієнт їх збереженості низький і практично не перевищує 0,5. Тому в господарствах будують гаражі-профілакторії, насамперед для тих тракторів і автомобілів, які використовуються в зимових умовах. Трактори, що не використовуються в роботі, при гарній герметизації й консервації можуть зберігатися на відкритих обладнаних площадках.

Капітальні вкладення на будівництво площі зберігання для тих самих машин різні й залежать від типу й конструкції будинку, площадки, способу установки, проходів між машинами й т.д. При визначенні капітальних витрат на зберігання конкретних видів і марок машин слід враховувати вартість засобів зберігання, конструктивні й інші особливості, а також спосіб установки, тип будинку, кліматичні й інші умови. Важливо знати й економічну ефективність прийнятого способу зберігання для конкретної групи машин.

При обґрунтуванні способу зберігання машин можна застосовувати такі методи: статистичний (економіко-математичний), експериментальний та експертний. При цьому нормативи потреби в капіталовкладеннях на зберігання машин, для яких відсутній диференційований облік витрат на ремонт і технічне обслуговування, розраховують із попереднім обґрунтуванням способу зберігання експериментальним або експертним методом. Експериментальний метод допускає постановку експериментів для обґрунтування способу зберігання кожної групи машин у типових господарствах конкретної кліматичної зони.

Він полягає в тому, що досліджувану групу складних машин одного типу встановлюють на зберігання різними способами (площадка, навіс, ангар, гараж) протягом одного-двох років. Машини, установлені на зберігання різними способами, повинні мати приблизно однакове виконання. По закінченні експерименту визначають раціональний спосіб зберігання, при якому за інших рівних умов знижуються витрати на ремонт і технічне обслуговування. Економія на ремонті машин повинна бути достатньою для окупності в нормативний строк капітальних витрат, вкладених у певний спосіб зберігання. Нормативи потреби в капіталовкладеннях визначають за існуючими типовими проектами для встановленого способу зберігання. Однак через велику трудомісткість цей метод застосовують обмежено.

Експертний метод допускає встановлення висновків експертною комісією, членам якої видають опитувальні аркуші. У графах таблиці опитувальних аркушів вказується знаком (+) кращий з погляду на збереженість машин та економічні міркування спосіб зберігання для кожної групи машин. Остаточний вибір способу зберігання встановлюють за результатами опрацювання опитувальних аркушів. При цьому приймаються ті способи зберігання, за які висловилося 60 % складу експертів.

Статистичний метод полягає в економічному оцінюванні різних способів зберігання за даними облікової документації господарств, за

останні 2...3 роки, пов'язаними з витратами на зберігання й ремонт певної групи машин. Цей метод можна застосовувати для розрахунків нормативів потреби в капіталовкладеннях на зберігання основних груп машин, за якими в господарствах ведеться диференційований облік витрат на ремонт і технічне обслуговування (трактори, автомобілі, зернові та спеціальні комбайни) [25].

При виборі способу зберігання машин статистичним методом доцільно виходити із собівартості одиниці продукції, під час виробництва якої застосовувалися машини, або собівартості одиниці виконання робіт. Собівартість сільськогосподарської продукції за інших рівних умов буде тим менша, чим нижча собівартість механізованих робіт. При цьому обов'язковою умовою обґрунтування ефективності способів зберігання техніки є дотримання народногосподарського ефекту. Така постановка завдання, відповідно до Типової методики визначення економічної ефективності капітальних вкладень, відповідає вимозі

$$C_i + E_n \cdot K_i \rightarrow \min, \quad (5.6)$$

де C_i – собівартість одиниці продукту або одиниці роботи з i -тим варіантом зберігання машин; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; K_i – капітальні вкладення за конкретним (i -тим) варіантом.

Зворотна до коефіцієнта ефективності капіталовкладень величина характеризує максимальний термін окупності капіталовкладень. Добуток $E_n \cdot K_i$ чисельно дорівнює річній частці капіталовкладень у розрахунку на одиницю продукції або роботи. Цим виразом моделюється праця, яка відповідає додатковому продукту, що не враховується в собівартості. З безлічі варіантів (способів) вибирають той, який забезпечує найменше значення величини зведених витрат.

Зведені витрати S_n , що виражають із певним ступенем точності собівартість одиниці механізованих робіт, можна представити в загальному вигляді так:

$$S_n = A_p + P_{\text{к.п.т}} + S_x + Z_0 + \Gamma_{\text{см}} + \Pi_i + E_n K, \quad (5.7)$$

де A_p – норма амортизації на реновацію машин, грн.; $P_{\text{к.п.т}}$ – витрати на капітальний і поточний ремонт, а також на технічне обслуговування, грн.; S_x – витрати на зберігання, включаючи амортизацію засобів зберігання,

грн.; Z_0 – витрати на оплату праці механізаторів, грн.; $G_{\text{см}}$ – витрати на пальне й мастильні матеріали; P_i – інші витрати, грн.; E_n – коефіцієнт ефективності капіталовкладень; K – капітальні вкладення.

Складові рівняння показують, що ефективність способу зберігання зумовлюється величиною економії на ремонті машин і технічному догляді за ними, яка покриває витрати на зберігання й річну частку капіталовкладень.

Окремо за всіма групами і способами зберігання машин у господарстві розраховують витрати на ремонт їх, поточні витрати на зберігання й річну частку капіталовкладень на одиницю виробітку. За мінімумом цих витрат визначають кращий спосіб зберігання, а за різницею наведених витрат – економічний ефект. Порівнявши отриманий для конкретного господарства економічний ефект із фактичною потребою в капіталовкладеннях (за досліджуваними варіантами), вибирають той із них, величина вкладень за яким найближча до величини цього ефекту. Однак оцінювання способів зберігання за наведеними витратами передбачає, що вся можлива економія на ремонті машин отримується тільки від капіталовкладень у засоби зберігання, що не завжди правильно. Безперечно, завдяки зберіганню техніки в гаражі знижуються витрати на ремонт, але частина цієї економії припадає і на результати організаційних заходів, застосування прогресивних методів ремонту тощо.

Важливо вибрати тільки кращий, а й оптимальніший варіант зберігання техніки. Його визначають за економіко-математичним методом, не порівнюючи всіх можливих варіантів, кількість яких може бути дуже великою. Зокрема, щоб визначити мінімальні зведені витрати на одиницю виконуваних робіт за інших рівних умов, математично можна показати, що наведені витрати є функцією капіталовкладень $S'_n = F(k)$. Позначимо складові виразу (5.7)

$$P_{\text{к.п.т}} = a_0 + \frac{b}{k} \quad \text{і} \quad S_x = a_1 + \tau \cdot k, \quad (5.8)$$

де b – коефіцієнт, що показує зменшення витрат на ремонт і технічні відходи; τ – коефіцієнт, що характеризує зростання витрат на зберігання машин у зв'язку зі збільшенням капіталовкладень у засоби зберігання (на одиницю вироблення); a_0, a_1 – постійні величини витрат на призначення техніки, що не залежать від капітальних вкладень до засобів зберігання.

Для практичних розрахунків оплати праці, витрати на пальне й мастильні матеріали, амортизаційні відрахування (на реновацію машин) та інші витрати, віднесені на одиницю виконаних робіт, можна прийняти незмінними. Тоді порівняльну економічну ефективність способів зберігання машин визначають за спрощеним виразом:

$$S'_n = P_{\text{к.п.т}} + S_x + E_n K \rightarrow \min, \quad (5.9)$$

Продиференціювавши функцію $S'_n = F(K)$ по K і прирівнявши її до нуля, знаходимо оптимальне значення величини $K_{\text{оп}}$:

$$K_{\text{оп}} = \sqrt{\frac{b}{\tau + E_n}} \quad (5.10)$$

При всіх значеннях $K > 0$ друга похідна функції $S'_n = F(K)$ позитивна, що достатньою умовою мінімуму функції. Коефіцієнти b і τ – обчислюють способом найменших квадратів. Знаючи коефіцієнти b , τ , E_n і підставивши їхнє значення у формулу (5.10), визначимо оптимальну (граничну) потребу капіталовкладень на зберігання конкретної групи машин і всього МТП. Ефективність порівнюваних способів зберігання оцінюється економічним ефектом та економією на зберігання машинно-тракторного парку в розрахунку на одиницю механізованих робіт або на одну машину. Економічний ефект – різниця зведених витрат на зберігання техніки в розрахунку на одиницю виробітку (під час амортизаційного терміну служби, що дорівнює восьми рокам) за порівнюваними способами зберігання:

$$E_{\text{рф}} = [(C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2)]W, \quad (5.11)$$

де C_1 і C_2 – експлуатаційні витрати на утримання техніки при відповідних способах її зберігання, розраховуючи на одиницю виробітку, грн.; K_1 і K_2 – капіталовкладення на спорудження відповідної виробничої площі для зберігання техніки розраховуючи на одиницю виробітку, грн.; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; W – обсяг механізованих робіт, що вимірюється в гектарах умовної оранки.

Економія – різниця експлуатаційних витрат (за амортизаційний термін служби) на утримання техніки в розрахунку на одиницю виробітку за порівнюваними способами зберігання:

$$E_p = \sum C_1 - \sum C_2 \quad (5.12)$$

Слід зазначити, що до складу зведених та експлуатаційних витрат на зберігання техніки включаються тільки ті, які змінюються в розрахунку на одиницю виробітку при різних способах зберігання.

В експлуатаційних витратах такими є витрати на ремонт і зберігання (включаючи амортизацію засобів зберігання) сільськогосподарської техніки, а в наведених витратах, крім того, і капіталовкладення з урахуванням нормативного коефіцієнта ефективності. Зберігання й використання тракторів у гаражі, порівняно з відкритою площадкою, показують високу економічну ефективність зберігання тракторів у гаражах (табл. 5.6). Для цього досить мати річну економію на їхньому ремонті в межах 7...10 % на одиницю виробітку (це цілком реально), щоб окупилися капіталовкладення в нормативний термін.

Таблиця 5.6

Економічна ефективність утримування тракторів у гаражі
(за даними А. Ф. Поцкалева)

Показники	Економічний ефект, грн., при економії на ремонті машин на одиницю виробітку, %				
	10	20	30	40	50
На фізичний трактор	466	1210	1860	2700	3500
На 1 га умовної оранки	0,64	1,67	2,56	3,7	4,7

Таким чином, щоб обґрунтувати спосіб зберігання машин у господарствах, необхідно виявити економію на ремонті машин за порівнюваними способами і відповідно до економії визначити можливий економічний ефект, а отже, і допустиму величину капіталовкладень на спорудження засобів зберігання.

Упровадження комплексу організаційно-технічних заходів, створення машинних дворів у господарствах, наукова організація праці при зберіганні, обґрунтування вибору способу зберігання й потреби капіталовкладень, суворе дотримання технології підготовки машин до зберігання, застосування матеріальних стимулів – усе це важливі фактори забезпечення повної збереженості сільськогосподарської техніки й підвищення ефективності її використання.

Контрольні запитання

1. Які етапи входять до виробничого процесу ремонту складної машини?
2. Чим технологічний процес ремонту відрізняється від виробничого?
3. З яких елементів складається структура технологічного процесу?
4. Які існують види ремонту сільськогосподарської техніки?
5. Які методи ТО і ремонту застосовують в АПК?
6. Які переваги й недоліки агрегатного методу ремонту?
7. Назвіть основні види зношування і дефектів гільз двигунів.
8. Основні види зношування і дефектів колінчастих валів двигунів.
9. Яким чином визначається показник умовного машино-місця для зберігання сільськогосподарської техніки?
10. Які є види зберігання тракторів?
11. Які існують способи зберігання тракторів?
12. Які заходи із забезпечення збереженості сільськогосподарської техніки належать до організаційних?
13. Які технологічні заходи виконують при зберіганні сільськогосподарської техніки?
14. Чим відрізняється підготовка тракторів до короткочасного й тривалого зберігання?
15. Які матеріали й устаткування застосовують при консервації тракторів?
16. Які методи застосовують при обґрунтуванні способу зберігання машин?

ЛІТЕРАТУРА

1. *Абрамов О.В., Розенбаум А.Н.* Прогнозирование состояния технических систем. – М.: Наука, 1990. – 127 с.
2. *Алилуев В.А. и др.* Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Агропромиздат, 1991. – 228 с.
3. *Андреев П.А., Драгайцев В.И., Буклагин Д.С.* Тенденции развития и эффективность зарубежной сельскохозяйственной техники. – М.: Информагротех, 1998. – 85 с.
4. *Анилович В.Я., Гринченко А.С., Литвиненко В.Л., Чернявский И.Ш.* Прогнозирование надежности тракторов / Под общ. ред. В.Я. Аниловича. – М.: Машиностроение, 1986. – 244 с.
5. *Батищев А.Н., Голубев Н.Т., Лялякин В.П.* Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. – М.: Информагротех, 1995.
6. *Батищев А.Н., Чижикова Т.В., Голубев И.Г., Спицин И.А.* Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования перерабатывающих отраслей АПК: Справочник. – М.: Информагротех, 1997.
7. *Варнаков В.А., Стрельцов В.В., Попов В.Н., Карпенков В.Ф.* Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения: учебник. – М.: Колос, 2001. – 253 с.
8. *Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р.* Сільськогосподарські машини: підручник. – К.: Каравела, 2009. – 552 с.
9. *Войтюк Д.Г., Демко А.А., Демко А.С.* Парк зернозбиральних комбайнів України до жнив 2001 р. // Техніка АПК, 2000. – №10, С. 9-10.
10. *Воловик Е.Л.* Справочник по восстановлению деталей. – М.: Колос, 1981. – 351 с.
11. *Денисенко П., Питулько В.* Ринок відновленої техніки та оцінка її вартості // Техніка АПК, 2000. – № 2. – С. 4-5.
12. *Зангиев А.А., Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е.* Повышение эффективности работы сервисных служб машинно-технологических станций. – М.: Агроконсалт, 2001.
13. *Зангиев А.А., Лышко Г.П., Скороходов А.Н.* Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1996.
14. *Зимин Н.Е.* Организационно-экономические меры повышения технической оснащенности сельского хозяйства // Техника в сельском хозяйстве, 1997. – №5, С. 3-5.
15. *Конкин Ю.А.* Экономика ремонта сельскохозяйственной техники. – М.: Агропромиздат, 1990. – 366 с.

16. Кузнецов С.С., Болдин А.П., Власов В.М. и др. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник. – М.: Наука, 2001.
17. Маслов Г.Г., Плеваков В.Н. Сравнительные технико-экономические показатели отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 2000.– № 10, С. 22-24.
18. *Машинно-технологическая станция. Организация, структура, виды работ, техника, нормативы, передовой опыт / 2-е изд. Под ред. акад. Черноиванова В.И.* – М.: ГОСНИТИ, 2003.– 322 с.
19. Михлин В.М., Диков К.И., Топилин Г.Е. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов.– М.: Машиностроение, 1982.–256 с.
20. *Надежность и ремонт машин / Под ред. В.В. Курчаткина.*– М.: Колос, 2000.
21. Ніколенко І.В., Сукач М.К., Оборський Г.О. и др. Стандартизація продукції та технологічних процесів: навч. посібник.– Сімферополь-Київ-Одеса: НАПКБ, КНУБА, ОНПУ, 2010.– 288 с.
22. Ніколенко І.В., Фірсов Г.Ф. Курсове проектування по надійності та ремонту сільськогосподарської техніки: навч. посібник.– Одеса: ОДАУ, 2003.– 168 с.
23. Ніколенко І.В., Фірсов Г.Ф. Організація та проектування підприємств технічного сервісу: навч. посібник.– Одеса: ОДАУ, 2003, 125 с.
24. Привалов П.В. Организация технического сервиса машин в сельском хозяйстве и технологическое проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий.– Новосибирск, 2003.– 432 с.
25. Рассказов М.Я. Организация ремонтного производства агропрома.– М.: Росагропромиздат, 1990.– 208 с.
26. Скиба А.П. Управление ремонтным производством в сельском хозяйстве.– М.: Агропромиздат, 1990.– 236 с.
27. Сукач М.К., Лудченко О.А. Якість і сертифікація автомобільної продукції: навч. посібник.– К.: Ун-т Україна, 2010.– 204 с.
28. Сукач М.К., Сидоренко В.П., Аржасв Г.О., Литвиненко І.М. Автомобільні експлуатаційні матеріали: навч. посібник для дистанційного навчання. – К.: Ун-т Україна, 2006.– Ч.1: Паливно-мастильні матеріали та спеціальні рідини.– 266 с.
29. *Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве / 2-е изд. Под ред. акад. В.И. Черноиванова.*– М.: ГОСНИТИ, 2003.– 978 с.

30. *Технологія* технічного обслуговування машин: навч. посібник / І.М. Бендера, С.М. Грушецький, П.І. Роздорожнюк, Я.М. Михайлович.– Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2009.– 320 с.
31. *Топилин Г.Е.* Повышение уровня оснащённости тракторов контрольными средствами, инструментом и принадлежностями.– М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1988.– 62 с.
32. *Хабатов Р.Ш., Топилин Г.Е., Забродский В.М.* Техническое обслуживание и ремонт машинно-тракторного парка.– К.: Урожай, 1987.– 242 с.
33. *Черноиванов В.И. и др.* Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании ремонте тракторов и сельскохозяйственных машин.– М.: ФГНУ Росинформагротех, 2001.– 249 с.
34. *Черноиванов В.И., Лялякин В.П.* Организация и технология восстановления деталей машин / 2-е изд. – М.: ГОСНИТИ, 2003.– 328 с.
35. *Черноиванов В.И., Северный А.Э., Пильщиков Л.М.* Система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве.– М.: ГОСНИТИ, 2001.– 168 с.
36. *Черноиванов В.И., Северный А.Э., Халфин М.А. и др.* Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники.– М.: ФГНУ Росинформагротех, 2001.– 418 с.
37. *Черноиванов В.И., Черепанов С.С., Михлин В.М. и др.* Научные основы технической эксплуатации сельскохозяйственных машин.– М.: ГОСНИТИ, 1999.– 386 с.
38. *Шмат К.І., Диневич Г.Ю.* Технічне обслуговування і ремонт сільськогосподарської техніки.– К.: Кондор, 2009.– 200 с.
39. *Штілько А.В., Суржиков В.С., Ушачев И.Г. и др.* Эффективность использования зарубежной техники в сельском хозяйстве.– М.: ВНИИЭСХ, 2000.– 91 с.

ДОДАТОК

Нормативні документи з технічного сервісу

1. Закон України «Про систему інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу України» від 05.10.2006 р., № 229-V.
2. Закон України «Про стимулювання розвитку вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу» від 07.02.2002 р., № 3023-III.
3. Закон України «Про захист прав покупців сільськогосподарських машин» від 05.06.2003 р., № 900-IV.
4. Збірник матеріалів з питань розвитку технічних послуг в АПК підприємствами НАК «Укragenролізінг». – К.: Труд-ГриПол, 2003. – 226 с.
5. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. – К.: Дерспоживстандарт України, 1995. – 123 с.
6. Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. – М.: ГОСНИТИ, 1985. – 164 с.
7. Постанова КМУ від 19.09.2007 р. № 1158 «Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 р.».
8. Постанова КМУ від 26.09.2007 р. № 1181 «Державна програма розвитку вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу на 2007 – 2010 роки».
9. Постанова КМУ від 30.05.2007 р. № 785 «Державна цільова програма реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі на період до 2011 року».
10. Рекомендації по визначенню затрат коштів на ремонт, технічне обслуговування та зберігання машин сільськогосподарських підприємств. – К.: Інститут аграрної економіки, 1993. – 24 с.
11. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності: ДСТУ ISO 9004: 2001. – К.: Дерспоживстандарт України, 2002. – 38 с.
12. Технічні умови на виготовлення сільськогосподарської техніки. – Київ. – 14 с.

ГЛОСАРІЙ

Основні абрєвіатури

- АД** – алгоритм діагностування
АПК – агропромисловий комплекс
АТУ – автотранспортне управління
ВВП – вал відбору потужності
ДержНДТІ – державний науково-дослідний технологічний інститут
ДЗ – діагностичне забезпечення
ДМ – діагностична модель
ДСЗЄВ – державна система забезпечення єдності вимірювань
ЄСКД – єдина система конструкторської документації
ЄСТД – єдина система технологічної документації
ЄСТПВ – єдина система технологічної підготовки виробництва
ЗТ – зберігання тракторів
ККД – коефіцієнт корисної дії
КОН – лужне число, мг/г
КР – капітальний ремонт
КТ – кваліфікація тракториста
МТА – машинно-тракторний агрегат
МТП – машинно-тракторний парк
МТС – машинно-тракторна станція
МТФ – молочно-тваринницька ферма
ОД – об'єкт діагностування
ОПО – очищення палива й олів
ПД – пусковий двигун
ПММ – паливо-мастильні матеріали
ПР – поточний ремонт
РТП – ремонтно-транспортне підприємство
СД – систему діагностування
СО – сезонне обслуговування
ССБП – система стандартів безпеки праці
СТО – станція технічного обслуговування
ТЕК – типові елементи для контролю
ТЕТ – технічна експлуатація тракторів
ТЗД – технічні засоби діагностування

ТО – технічне обслуговування

ТОГ – технічний огляд

ТС – технічний сервіс

ЦПГ – циліндро-поршнева група

ЦРМ – центральна ремонтна майстерня

ЩО – щозмінне або щоденне технічне обслуговування

Визначення термінів

Безвідмовність – властивість об'єкта безперервно зберігати працездатний стан упродовж деякого часу або деякого напрацювання.

Взаємозамінність – властивість деталей, вузлів та агрегатів машин, яка дає змогу встановлювати їх у процесі складання або замінювати без попереднього припасування при збереженні усіх вимог, що пред'являються до працездатності деталі, вузла, агрегату і машини в цілому:

неповна – властивість деталей, вузлів та агрегатів, за якою при збиранні або заміні агрегатів та елементів машини підбирають агрегати й елементи, а також виконують припасувальні роботи, застосовують компенсатори і здійснюють інші додаткові технологічні операції;

повна – властивість деталей, вузлів та агрегатів машин, за якою збирання або заміна агрегатів та елементів машини здійснюється без додаткової їхньої обробки, підбирання або регулювання за умови забезпечення експлуатаційних показників в заданих межах.

Відмова – подія, яка полягає в порушенні працездатного стану об'єкта:

випадкова – порушення працездатного стану об'єкта, яке пов'язане з непередбаченими перевантаженнями, дефектами матеріалів, погрішностями виготовлення, монтажу, обслуговування і ремонту, помилками персоналу;

експлуатаційна – порушення працездатного стану об'єкта, яке виникає в результаті порушення правил експлуатації технічного обслуговування й ремонту або впливу непередбачених правилами експлуатації умов.

залежна – зумовлена відмовою іншого об'єкта;

конструкційна – порушення працездатного стану об'єкта, яке виникає внаслідок помилок проектувальника або конструктора, оскільки не забезпечено міцності й жорсткості основних елементів, не захищено від впливу абразивів, вологи, температури відповідальні частини об'єкта та ін.;

незалежна – не зумовлена відмовою іншого об'єкта;

параметрична – порушення працездатного стану об'єкта, при якому деякі параметри виконання заданих функцій не відповідають установленим або змінюються в недопустимих межах;

систематична – порушення працездатного стану об'єкта, пов'язане із закономірними явищами: впливом середовища, навантажень, зношування та ін.;

технологічна (виробнича) – порушення працездатного стану об'єкта, яке виникає внаслідок помилок технологів, недосконалості чи порушення технологічного процесу виготовлення або ремонту машин та їхніх складових елементів;

функціональна – порушення працездатного стану об'єкта, при якому припиняється виконання його функцій або функцій його елементів.

Вірогідність безвідмовної роботи ремонтovanого об'єкта – вірогідність того, що в межах заданого напрацювання відмови не станеться або що об'єкт у будь-який момент часу перебуває в працездатному стані.

Види ремонту:

капітальний – комплекс операцій з метою відновлення працездатності, повного або часткового відновлення ресурсу машин шляхом заміни або відновлення будь-яких її частин, включаючи базові, з проведенням випробувань машини на працездатність;

потоковий – комплекс операцій у процесі експлуатації машини для забезпечення її працездатності, який полягає в заміні або відновленні певних частин та елементів або їх регулюванні;

середній – комплекс операцій з метою відновлення основних частин машин шляхом їх заміни або відновлення працездатності до наступного планового середнього або капітального ремонту інших частин, з випробуванням машини на працездатність.

Виробничий процес ремонту – сукупність дій людей, знарядь виробництва та окремих процесів, які проводяться для отримання працездатної машини з тих, що частково втратили працездатність, але ремонтпридатних агрегатів, складальних одиниць і деталей.

Глибина контролю – кількісна характеристика міри деталізації, з якою встановлюється місце виниклої або прогнозованої відмови.

Граничний стан – такий стан об'єкта, при якому його подальше застосування за призначенням недопустиме чи недоцільне або відновлення його справного чи працездатного стану неможливе чи недоцільне.

Діагноз – результат визначення технічного стану об'єкта.

Діагностична модель – аналітичний опис або графоаналітичне представлення властивостей об'єкта, за яким відносять технічний стан об'єкта діагностування до однієї або іншої підмножини технічних станів.

Діагностичний показник – параметр або характеристика, що визначає технічний стан об'єкта:

непрямий – параметр або характеристика, що формується з прямого діагностичного показника, або характеризує його, але відсутній в діагнозі;

прямий – параметр або характеристика, що безпосередньо наявна у діагнозах.

Діагностування – процес визначення технічного стану об'єкта.

алгоритм Д.– сукупність приписів про виконання певних операцій і дій у процесі оцінювання діагностичних показників;

об'єкт Д.– машинний комплекс, машина, пристрій, агрегат, вузол або блок, технічний стан якого встановлюється;

програма Д.– безліч алгоритмів діагностування, об'єднаних єдиною метою оцінювання технічного стану об'єкта.

Довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

Достовірність контролю – чисельна величина, що характеризує правильність результатів, які видає система контролю.

Жорсткість – здатність системи чинити опір дії зовнішніх навантажень з найменшими деформаціями.

Збереженість – властивість об'єкта зберігати значення показників безвідмовності, довговічності й ремонтпридатності протягом зберігання та (або) транспортування й після них.

Інтенсивність відмов – відношення кількості відмов, що відбуваються за одиницю часу, до кількості об'єктів, які залишилися справними до кінця певного проміжку часу.

Інтенсивність відновлення – вірогідність відновлення працездатності об'єкта за одиницю часу.

Коефіцієнт готовності – вірогідність того, що об'єкт виявиться працездатним протягом часу середнього напрацювання на відмову, окрім планованих періодів, упродовж яких його експлуатацію не передбачено.

Коефіцієнт оперативної готовності – вірогідність того, що в довільний момент часу об'єкт виявиться працездатним з урахуванням періодів відновлення, впродовж яких його експлуатацію не передбачено.

Коефіцієнт технічного використання – відношення математичного очікування часу перебування об'єкта у працездатному стані за деякий період експлуатації до суми математичних очікувань часу працездатного стану, часу відновлення й часу простоїв для технічного обслуговування.

Контролепридатність – пристосованість машин, агрегатів та їхніх елементів до виконання необхідних операцій контролю технічного стану.

Лізинг – довгострокова оренда машин, устаткування, транспортних засобів, споруд виробничого призначення:

зворотний – власник техніки продає її лізинговій компанії, а потім орендує його, тобто постачальник і орендар представлені в одній особі;

компенсаційний – орендар за рахунок орендної плати передає лізинговій компанії частину продукції, отриманої з використанням лізингового устаткування;

непрямий – виробник або власник майна передають його в оренду через посередника;

оперативний – передавання машин, устаткування в оренду на певний термін, менший за термін амортизації, або на один виробничий цикл на заздалегідь передбачених в угоді умовах;

прямий – виробник або власник майна виступає як орендодавець.

фінансовий – передавання спеціалізованим підприємством (лізинговою компанією) у довгострокову оренду машини, устаткування тощо на період їхньої повної амортизації, з виплатою повної вартості.

Методи діагностування:

акустичний – діагностування, яке полягає в оцінюванні працездатності об'єкта на підставі аналізу рівня й спектра випромінюваних шумів як інтегральної непрямої ознаки технічного стану;

вібраційний – діагностування, яке полягає в оцінюванні працездатності об'єкта на підставі аналізу амплітуд і частот вібрацій як інтегральної непрямої ознаки технічного стану;

тестовий – діагностування, яке полягає в оцінюванні реакцій об'єкта на зовнішні (тестові) впливи;

функціональний – діагностування, яке полягає в оцінюванні виконання об'єктом заданих функцій згідно з вимогами нормативно-технічної та конструкторської документації.

Методи ремонту:

агрегатний – організація робіт із відновлення працездатного стану машини, за якою її несправні агрегати замінують на нові або заздалегідь відремонтовані (іноді його називають різновидом знеособленого ремонту). Завдяки агрегатному ремонту різко скорочуються простой машини в ремонті. Увесь процес зводиться до проведення розбірно-складальних робіт, пов'язаних із заміною агрегату;

незнеособлений – організація робіт із відновлення працездатного стану машини, за якою придатні або відновлені вузли й деталі устанавлюють на певний ремонтований об'єкт;

знеособлений – організація робіт із відновлення працездатного стану машини, за якою придатні або відновлені вузли й деталі при складанні машини можуть бути встановлені на будь-який аналогічний ремонтований об'єкт;

потоківий – організація робіт із відновлення працездатного стану машини, за якою всі технологічні операції виконуються на спеціалізованих робочих місцях у певній технологічній послідовності із заданим ритмом.

Методи технічного обслуговування:

децентралізований – організація робіт, за якою окремі технологічні операції здійснює персонал за допомогою технічних засобів спеціальних підрозділів підприємства;

потоківий – організація робіт, за якою всі технологічні операції виконують на спеціалізованих робочих місцях з певною технологічною послідовністю і ритмом;

централізований – організація робіт, за якою всі технологічні операції проводяться персоналом за допомогою технічних засобів одного підрозділу підприємства.

Міцність – властивість вузлів і деталей у певних умовах і межах не руйнуватися при дії навантажень.

Надійність – властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і сортування. Надійність зумовлюється такими властивостями технічного об'єкту, як безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість.

Напрацювання на відмову – відношення напрацювання об'єкта до математичного очікування кількості його відмов протягом цього напрацювання.

Об'єкти – предмети певного цільового призначення, що розглядаються під час їх проектування, виготовлення, дослідження, випробування та експлуатації:

відновлювані – об'єкти, для яких відновлення працездатного стану передбачене нормативно-технічною й конструкторською документацією;

невідновлювані – об'єкти, для яких відновлення працездатності не передбачене нормативно-технічною документацією.

Параметр потоку відмов – відношення середньої кількості відмов ремонтного об'єкта за одиницю часу до загальної кількості об'єктів.

Показники надійності – кількісна характеристика однієї або декількох властивостей, що становлять надійність об'єкта.

Припрацювання – спеціальний технологічний режим роботи, під час якого усуваються можливі дефекти виготовлення й збирання об'єкта, а також забезпечується мінімальне зношування контактуючих деталей.

Пристосування – технологічне оснащення (патрони, люнети, затискачі, прес-форми і т.п.), призначене для установаження чи спрямування предмета праці або інструмента на виконання технологічної операції.

Ремонтпридатність – властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до запобігання причин виникнення відмов, пошкодження працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування та ремонтів.

Ресурс – напрацювання об'єкта від початку експлуатації або його відновлення після капітального ремонту до настання граничного стану:

гамма-відсотковий (γ , %) – напрацювання, протягом якого об'єкт не досягає граничного стану із заданою вірогідністю (γ), вираженою у відсотках;

гарантійний – напрацювання об'єкта, до завершення якого виробник гарантує і забезпечує усунення всіх претензій до його якості за умови дотримання споживачем правил експлуатації, в тому числі правил зберігання і транспортування (зазвичай, цей період збігається з періодом припрацювання);

міжремонтний – середній ресурс між суміжними ремонтами;

призначений – сумарне напрацювання об'єкта, при досягненні якого має бути припинене його застосування за призначенням, незалежно від його технічного стану;

середній – математичне очікування ресурсу сукупності об'єктів одного типорозміру і призначення.

Середнє напрацювання до відмови об'єкта – математичне очікування його напрацювання до першої відмови.

Середній час відновлення – математичне очікування часу відновлення працездатності об'єкта.

Стани об'єкта:

непрацездатність – стан об'єкта, за якого значення хоча б одного параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної документації;

несправність – стан об'єкта, за якого він відповідає хоча б одній з вимог нормативної механізації і конструктивної документації;

працездатність – стан об'єкта, за якого значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної й конструкторської документації;

справність – стан об'єкта, за якого він відповідає всім вимогам, установленним нормативно-технічною й конструкторською документацією.

Термін служби – календарна тривалість експлуатації об'єкта від її початку або відновлення після капітального ремонту до настання граничного стану:

гамма-відсотковий (γ , %) – календарна тривалість від початку експлуатації об'єкта, протягом якого він не досягне граничного стану із заданою вірогідністю (γ , %);

середній – математичне очікування терміну служби об'єкта одного типорозміру і призначення.

Технічна діагностика – комплекс операцій щодо визначення технічного стану об'єкта та характеру його зміни в часі.

Технічне обслуговування (ТО) – комплекс робіт щодо підтримки працездатного стану машин, агрегатів, складальних одиниць.

Технічні засоби діагностування – апарати, контрольні-вимірні прилади, датчики, індикатори, за допомогою яких визначають технічний стан об'єкта діагностування.

Технічний сервіс – комплекс організаційних, технологічних і технічних заходів щодо забезпечення й підтримки працездатного стану машин та агрегатів.

Технологічна операція – частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці та включає всі послідовні дії робітника (групи робітників) та устаткування з оброблення деталі (або декількох одночасно оброблюваних деталей), збирання (розбирання) складальної одиниці, агрегату або машини:

перехід – цілком закінчена частина технологічної операції, яка не може бути роздроблена і виконується одним або декількома робітниками одночасно без зміни інструмента, незмінності оброблюваної поверхні (поверхонь) і режиму роботи верстата;

позиція – кожне окреме положення деталі, яке вона займає відносно верстата при незмінному закріпленні;

прохід – частина переходу, що охоплює всі дії, пов'язані зі зняттям одного шару металу при незмінності інструмента (інструментів), поверхні (поверхонь), оброблення й режиму роботи верстата;

установлення – частина операції, яка виконується при одному закріпленні деталі.

Технологічне обладнання – це знаряддя праці, які включають об'єкти, призначені для відновлення або ремонту під час виконання заданого процесу, а також технологічне оснащення.

Технологічне оснащення – засоби технологічного устаткування, які доповнюють обладнання для виконання частини технологічного процесу.

Технологічний процес ремонту – частина виробничого процесу, яка полягає у зміні форми, розмірів, властивостей матеріалу або предмета виробництва з метою отримання виробу відповідно до заданих технічних вимог.

Якість – сукупність властивостей цільового призначення об'єкта, які під час його застосування забезпечують його придатність за призначенням.

Навчальне видання

СУКАЧ Михайло Кузьмич

ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МАШИН

Навчальний посібник

Керівник видавничого проекту *Зарицький В.І.*
Дизайн обкладинки *Щербина О.П.*
Авторська редакція

Підписано до друку 7.11.2016 р. Формат 60x84 1/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman
Умов. друк. арк. 17,21. Обл.-вид. арк. 13,04.
Тираж 300

Видавництво Ліра-К
Свідоцтво № 3981, серія ДК
03115, м. Київ, вул. Ф. Пушиної, 27, оф. 20-22
тел./факс (044) 247-93-37; 228-81-12
Сайт: lira-k.com.ua, відділ збуту: lira-k@ukr.net,
редакція: zv_lira@ukr.net